

林況変化，とくに伐採が溪川流出に及ぼす影響（Ⅱ）

—— 1 連続降雨による増水量

および増水ピーク流量への影響 ——

中 野 秀 章⁽¹⁾

菊 谷 昭 雄⁽²⁾

目 次

まえがき	1
I 解析の方法	2
II 資 料	3
III 解析の結果	6
IV 考 察	36
V 要 約	51
文 献	56
Résumé	56

ま え が き

水源流域の森林の保全的取扱いを合理的にするためには、森林と流出の関係をあらゆる面から検討する必要がある。

筆者らは前報告⁴⁾において、この問題の一部を検討するため林業試験場の森林理水試験地等で得られた資料を用いて、林況変化とくに伐採による森林植生の除去が溪川の水年、豊水、平水、低水、渇水各流出量におよぼす影響を経年的に解析した。その結果によると、皆伐などの森林植生除去によって上記各流出量は増加の potential を生じ、この potential の程度は植生の除去および林地の荒れ程度、後生樹草の自然回復程度、傾斜等の地況条件によって異なる。この potential の程度に降水等各種気象条件が加わって、具体的に増加量がきまるものと考えられた。従来の研究のほとんどが、伐採後の期間における流出の平均値の検討であったのに対して経年的に検討したため、上記解析の結果は森林の変化を多少内容的にみて流出との関係を検討することができたといえよう。しかし、この場合にも流出量を水年別に集計して、その伐採後の経時間的変化を流域の植生除去、植生回復と対比して検討したにすぎない。水年別に集計すれば上記各流出量は増加の傾向を生ずることが明らかになったが、年間流出を 1 連続降雨ごとの流出に細分して検討することも必要である。すなわち、1 水年間には季節により蒸発散にも大きな相違があり、流域の湿潤状態、後生樹草の繁茂程度にも相当の相違がみられる。したがって、1 連続降雨ごとの流出を検討すれば、伐採などによる溪川流出量の細部的な変化の程度が知られよう。

戦後わが国では、水害と森林の乱伐との関係が重要な問題となり、多くの論議がおこなわれてきた。しかし、従来のような伐採後の期間における平均値および少数の特定大洪水の比較検討²⁾³⁾⁷⁾⁸⁾ だけでは十分

(1) 防災部治山科長

(2) 防災部治山科理水研究室

ではなからう。また、近時水資源確保が重要な問題として提起されてきたが、これとても水年を1単位としての検討だけでは十分ではなく、水年間流出の細部にわたる内容の検討が要求される。

本稿では林業試験場東北支場山形分場の釜淵試験地・2号沢試験流域、同じく関西支場岡山分場の竜の口山・北谷試験流域について、1連続降雨ごとの増水量および増水ピーク流量について、林況変化とくに伐採による変化の傾向、また伐採後の植生回復による変化の程度などを検討し、とくに森林と洪水問題への1資料の提供を試みた。

本稿に用いた資料は前記両分場の多数職員の多年にわたる観測の結果であり、ここにそのご労苦に対し深甚なる敬意を表する。また、計算には一部電子計算機を用いたが、その利用にあたり種々ご便宜いただいた経営部川端幸蔵技官に深く感謝する。

I 解析の方法

解析方法の基本的な考え方は前報告⁴⁾と全く同じであるから詳細はそれにゆずるとして、本稿では解析の方法および手順の概略を述べる。

釜淵試験地については基準流域の1号沢の資料を用いずに、2号沢だけの単独流域方式で解析した。対照流域方式を用いなかった理由は、増水量と降水との関係を同時にみるためである。2号沢は1939年から1947年まで森林（ナラ、ブナ、スギ、ヒノキ等の混交林）は自然のままに放置され、なんらの人工も加えられなかった。1947年12月に伐採がはじまり、1948年春までの降雪期間中に皆伐が完了した。そこで、1939～47年を前期期間あるいは基準期間（C.P.）、1948年以降資料を得られた1958年まで（後生樹草の刈払い、焼却等が行なわれた）を後期期間あるいは処理期間（T.P.）とした。なお、釜淵試験地は毎年12月上旬に根雪となり、翌年4月までは降雪期間で、今回はこの間を解析の対象としなかった。すなわち、釜淵・2号沢は夏期の5月から11月までの流出を解析の対象とし、雪水流出期間は別途検討することとした。

C.P.において解析の目標である増水量、増水ピーク流量を従属変量とし、森林植生の処理によって影響を受けないと考えられる近接地点の降雨量など、気象因子のうちから上記流出因子とくに関連が深いと思われるものを数種選び独立変量とし、両者の間の線型重回帰解析をおこない、回帰式を求める。そして、その有意性の検定および従属変量にふくまれている原因不明の変動性を推定するため分散分析を行なう。その計算を利用して、参考のため単あるいは重相関係数を求める。なお、C.P.における従属変量、独立変量についての前報告⁴⁾に述べた仮定の吟味については、この場合すべて満足されるものとして解析をすすめた。すなわち増水量、増水ピーク流量は大部分降雨因子で決定されてしまい、この降雨量および降雨時期は全く無作為にきまると考えられるからである。なおC.P.における回帰解析には電子計算機を用いた。

かくしてC.P.における回帰関係の推定が有意であるならば、この回帰方程式にT.P.における同種独立変量を代入してT.P.における従属変量を推定する。この従属変量はもちろん、もしも植生などの流域変数に変化が加えられなかったならばC.P.における関係は、T.P.においても成り立つという仮定にもとづいている。変化させたのは森林植生だけで他の地況条件などには全く変化が加えられていないし、このような短い試験期間では自然にも変化するとは思えないから、上記の仮定は成り立つと考えられる。

次に推定値とT.P.において実際に観測された増水量、増水ピーク流量との差を求め、この差を森林伐

採および伐採後の後生樹草の回復過程と対照する。地況条件には全く変化を加えていないから，流出変化の原因を林況変化とそのときの気象条件に帰せしめて論議し，結局林況変化とくに伐採が洪水流出におよぼす影響を検討する。もちろん“差”には当然誤差が考えられるから“差”の信頼性をたしかめ，検討結果の信頼程度を明らかにしておく。

竜の口山・北谷についても釜淵・2号沢と全く同じ解析をした。この場合，C.P.は1937～'44年（アカマツ天然林），T.P.は1945年以降資料の得られた1958年（伐採は3年間にわたり行なわれ，跡地は自然のままに放置されて，しだいに雑木林が成立した）までである。

林業試験場の他の理水試験地では，以上の解析を行なうための降雨資料が十分でなかったなどの理由で採り上げなかった。

Ⅱ 資 料

Ⅱ—1. 解析に用いた増水量，増水ピーク流量および降雨因子

1つの流域において1連続降雨による流出ハイドログラフの最も簡単な場合は，たとえば Fig. 1 のようである。

T_0 からはじまって T_0' に終わった1連続雨量 P による増水ハイドログラフは， t_0 からはじまって t でピークを記録し，以後時間とともに漸減する。

ここで解析の目標（従属変量）である増水量 (R , mm)，増水ピーク流量 (Q , l/s) を次のようにきめた。

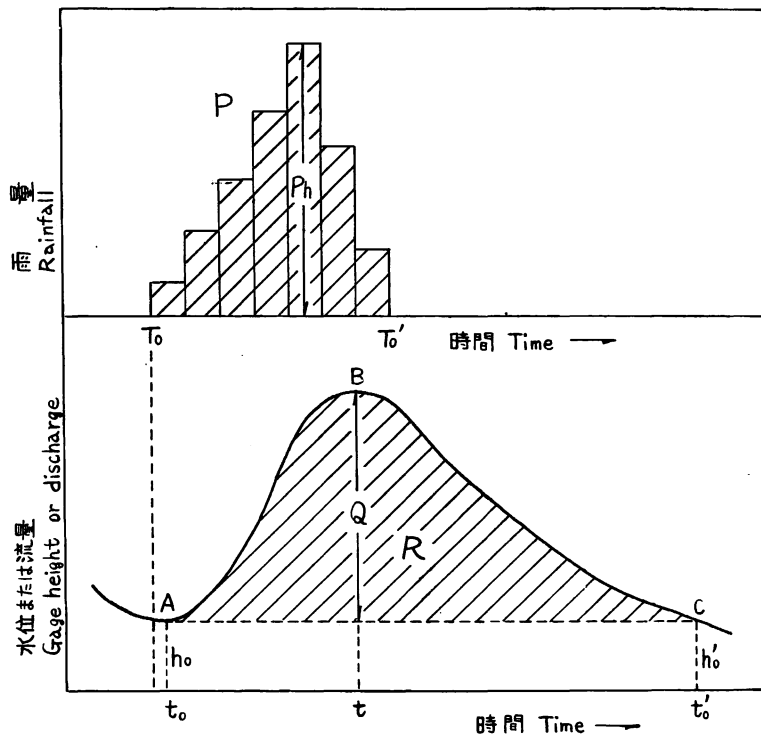


Fig. 1 1連続降雨による増水ハイドログラフ
Storm hydrograph due to a rainfall.

Fig. 1 で t_0ABCt_0' でかこまれる流出量から、仮の基底流出量 t_0ACt_0' を差し引いた流量を流域面積で除し、水高で示し、これを P によって生じた R と定義した。基底流出量の求め方には種々の方法が提案されているが、決定的なものはないようで、ここでは簡単に t_0ACt_0' とした。またハイドログラフの最高点の水位に対する流量から、増水開始時 t_0 における水位 h_0 に対する流量を差し引いたものを Q とした。

これらの従属変量に対してきわめて関係が深いと考えられ、しかも森林植生処理によって影響されないと考えられる因子を独立変量として各種検討したが、結局ここでは次の降雨因子を採用した。

P : 1 連続雨量 (mm), P_h : P の 1 時間最大雨量 (mm/hr), P_m : P の 30 分間最大雨量 (mm/30min)
 aP_{10} : 先行 10 日間雨量 (mm), aP_7 : 先行 7 日間雨量 (mm), aP_4 : 先行 4 日間雨量 (mm), aP_3 : 先行 3 日間雨量 (mm), aP_2 : 先行 2 日間雨量 (mm), aP_1 : 先行 1 日間雨量 (mm)。

P は R を決める最重要因子と考えられ、 P_h , P_m は Q に最も関係が深いと考えられる。 P_h , P_m はそれぞれ雨量自記紙から読みとったものである。また aP_{10} , aP_7 , …… , aP_1 は考えられている 1 連続降雨が始まった時間から正確に 10 日前, 7 日前, …… , 1 日前の降雨量の合計で、これは間接的に流域の湿潤状態を示しているもので、 R , Q に関係すると考えられる。

Fig. 1 に示したハイドログラフはもっとも簡単な場合で、実際にはもっと複雑なものが多い。たとえば、Fig. 2 に示すものは P_1 の 1 連続降雨で ABC という増水があり、わずかの時間をおいて、ふたたび P_2 の 1 連続降雨によって CD という増水があった場合を示したものである。 C における水位 h が h_0 と相当に異なる場合は P_1 による増水量を分離することは困難で、 P_1 と P_2 との間の時間が短かければ $ABCDE$

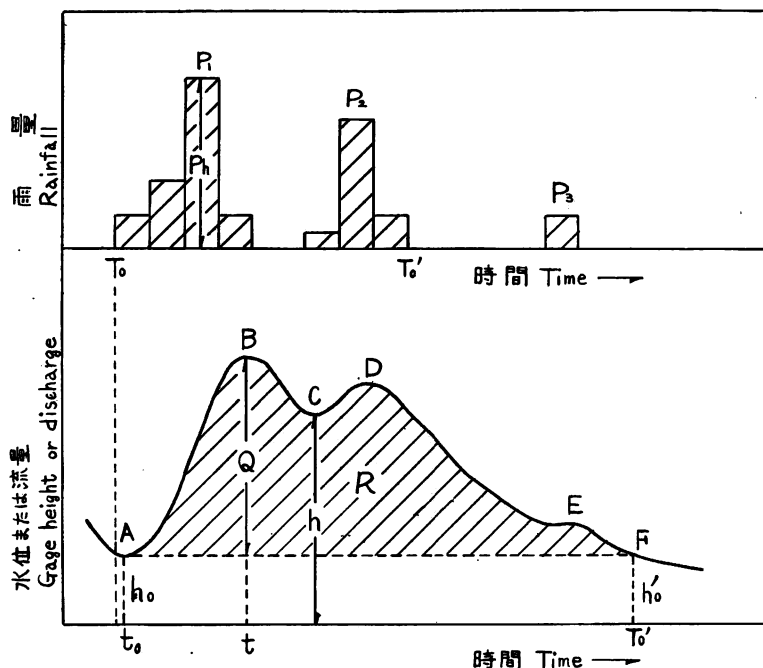


Fig. 2 ほぼ 1 連続の降雨による増水ハイドログラフ
 Complex storm hydrograph due to the successive rainfall.

を1つの増水とした。さらにこの増水が完全に減水しないうちに P_3 という小降雨があり E という増水があった場合も、釜淵・2号沢、竜の口山・北谷のような小面積の流域ではただちに増水がはじまることから、これもひとつの増水として含めることにした。したがって、この増水に関連した1連続雨量 P は P_1 , P_2 , P_3 の合計量とした。

また Q については、この増水期間の最高水位に対する流量をハイドログラフ上で見つけて計算した。 P_h , P_m についても P_1 , P_2 , P_3 の降雨のうちの最大のものを雨量自記紙で見つけて計算した。したがって、 P_2 の降雨の P_h , P_m が P_1 の降雨の P_h , P_m より小さくても CDE の増水の Q が ABC の増水の Q よりも大きい場合も当然ありうる。

増水が終了しないうちに、つまり $h'_0 = h_0$ にならないうちに次の増水がはじまった場合、 $h'_0 - h_0 \leq 2\text{cm}$ ならば1つの増水として計算することにし、他の場合は1つの増水として分離することは誤差が大きくなるので、連続した1つの増水として資料に加えた。

Table 1. C.P. における 両 試 験 流 域 の 資 料 数

Number of data for calibration period of both experimental watersheds.

(1) 釜淵・2号沢

KAMABUCHI・No. 2.

月 年 Month Year	5	6	7	8	9	10	11	計 Total
1939	*	*	*	*	2	3	1	6
1940	*	*	5	3	3	3	1	15
1941	3	4	6	4	4	1	1	23
1942	1	2	6	2	4	2	1	18
1943	0	2	1	2	3	3	*	11
1944	*	*	*	*	*	*	*	0
1945	*	4	3	2	3	2	3	17
1946	*	*	1	2	*	*	*	3
1947	*	*	*	*	*	*	*	0
計 Total	4	12	22	15	19	14	7	93

(2) 竜の口山・北谷

TATSUNOKUCHIYAMA・KITA-TANI.

月 年 Month Year	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	計 Total
1937	3	2	2	3	3	4	3	1	4	4	2	2	33
1938	1	2	5	5	6	3	3	4	2	3	1	3	38
1939	*	*	1	4	2	4	1	2	3	3	3	0	23
1940	0	2	5	6	2	5	*	6	4	4	3	1	38
1941	4	1	4	4	5	4	7	3	2	3	4	4	45
1942	0	2	6	7	5	8	1	5	5	3	1	0	43
1943	2	2	4	6	3	4	5	*	7	3	2	2	40
1944	2	1	2	4	2	1	1	4	6	4	2	1	30
計 Total	12	12	29	39	28	33	21	25	33	27	18	13	290

* 定時測定または欠測のため、雨量自記紙がなく資料が得られなかったもの。
Lack of data.

上記の方法で資料をつくったが、C. P. における両試験流域の年別、月別資料数を参考までに示すと Table 1—(1)~(2)のとおりである。

Table 1—(1)~(2)によると、両流域について採られた増水の数はいずれも 93, 290 で、個々の増水について上記の 2 種の従属変量、9 種の独立変量をハイドログラフおよび雨量自記紙から計算したわけである。ただし欠測により資料がない場合、あるいはきわめて複雑な増水（とくに少雨のとき）で採用困難な場合などもあり、各年のすべての増水がこの解析の資料に採られているわけではない。

II—2. 両試験流域の概況ならびに林況の変遷

釜淵・2 号沢、竜の口山・北谷両流域の地況ならびに林況、森林処理等の概況は前報告⁴⁾に詳細に述べられているので、前報告のそれぞれの項を参照されたい。

III 解析の結果

III—1. C. P. における回帰解析

釜淵・2 号沢および竜の口山・北谷の C. P. における増水量、増水ピーク流量と前述各種降雨因子との間の線型回帰解析の結果選び出された独立変量および回帰式を、Table 2—(1)~(2)に示す。

解析の結果では、独立変量をこれ以上加えてもあまり相関関係が高度にならなかったし、また決定された回帰式で独立変量の数が多いと、T. P. における推定値の計算および推定値の標準誤差の計算に非常に労力を要し、しかもそれほど効果がないと見られたので、Table 2 に示すように C. P. における回帰

Table 2. 両試験流域の C. P. における増水量、増水ピーク流量と
関連独立変量（降雨因子）との間の線型回帰

Linear regression between storm runoff and peak discharge and related independent variables (rainfall factor) for calibration period of both experimental watersheds.

(1) 釜淵・2 号沢 KAMABUCHI・No. 2

従属変量 Dependent variables	回帰式 Regression equation	回帰の有意性 Significance of regression	単（重）相関係数 Simple (multiple) correlation coefficient
増水量 Storm runoff	$R=0.6979 \quad P-8.8353$	99.9	0.972
増水ピーク流量 Peak discharge	$Q=0.1892 \quad P+2.6569 \quad P_h-1.5973P_m-9.2028$	99.9	0.917

(2) 竜の口山・北谷 TATSUNOKUCHIYAMA・KITA-TANI

従属変量 Dependent variables	回帰式 Regression equation	回帰の有意性 Significance of regression	単（重）相関係数 Simple (multiple) correlation coefficient
増水量 Storm runoff	$R=0.4747 \quad P+0.0612 \quad aP_7-0.3724aP_1-7.0196$	99.9	0.881
増水ピーク流量 Peak discharge	$Q=1.7102 \quad P+1.8767 \quad P_m+0.5841aP_4-35.0427$	99.9	0.817

式を決定した。これらの回帰関係は非直線の関係の方が多少よいことはわかっているが^{9) 10)}、直線回帰でもかなり推定できるので簡単な方を選った。Table 2によると、竜の口山・北谷の R 、 Q は重相関係数が小さく、したがって推定値の標準誤差は多少大きいと予想されたが、解析をつづけることにした。なお竜の口山・北谷の Q の対数とピーク流量時までの積算雨量、1時間最大雨量、増水開始時の水位のそれぞれの対数との回帰解析をするとC.P.、T.P.における重相関係数は0.968～0.993の範囲にあってよく適合するという報告⁹⁾がある。本稿でピーク流量時までの積算雨量、増水開始時の水位を独立変量として用いなかったのは、C.P.において回帰関係を求め、それをT.P.に適用する本稿の解析方法ではこれらの因子は森林伐採の影響を受けるので、独立変量としては不適当と考えたからである。すなわち、ハイドログラフのピーク発生時期は森林の有無によって異なり、その時期にもとづいて算出された積算雨量はあきらかに森林の変化によって異なると考えられ、このように影響を受けることの考えられる因子を、独立変量として採用することはできない。また増水開始時の水位も同じようなことがいえる。一般的にいて、本稿のような解析方法では流出因子を独立変量として用いることはできない。したがって前述したように、本稿では流出因子からは独立変量を採らず、完全に森林伐採の影響を受けないと思われる降雨因子から独立変量を選ったわけである。

Ⅲ—2. 従属変量および関連独立変量のC.P.における値

C.P.における両試験流域の従属変量および選びだされた独立変量の値は、資料数がきわめて多いので表示することを省略し、Table 3—(1)～(2)の度数分布表で値の階級別度数を示す。

Table 3. C.P.における両試験流域の従属変量および関連独立変量の度数分布表
Frequency distribution table of dependent and related independent variables for calibration period of both experimental watersheds.

(1) 釜淵・2号沢 KAMABUCHI・No. 2.

従 属 変 量 Dependent variables				独 立 変 量 Independent variables					
R		Q		P		P_h		P_m	
階 級 Class mm	度 数 Frequency	階 級 Class l/s	度 数 Frequency	階 級 Class mm	度 数 Frequency	階 級 Class mm/hr	度 数 Frequency	階 級 Class mm/30min	度 数 Frequency
0～10	46	0～10	56	0～10	3	0～5	21	0～2	3
10～20	11	10～20	18	10～20	23	5～10	46	2～4	27
20～30	8	20～30	8	20～30	20	10～15	16	4～6	26
30～40	8	30～40	2	30～40	8	15～20	4	6～8	18
40～50	5	40～50	4	40～60	13	20～25	4	8～10	8
50～60	7	50～60	0	60～80	10	25～30	1	10～15	7
60～80	3	60～70	3	80～100	9	30～35	0	15～20	1
80～100	0	70～80	1	100～150	3	35～40	0	20～30	2
100～150	2	80～90	0	150～200	1	40～45	0	30～40	0
150～200	2	90～100	0	200～300	2	45～50	0	40～50	1
200～250	1	100～120	1	300～400	1	50～55	1		
計 Total	93	計 Total	93	計 Total	93	計 Total	93	計 Total	93

(2) 竜の口山・北谷

TATSUNOKUCHIYAMA・KITA-TANI

従 属 変 量 Dependent variables				独 立 Independent			
<i>R</i>		<i>Q</i>		<i>P</i>		<i>P_m</i>	
階 級 Class mm	度 数 Frequency	階 級 Class l/s	度 数 Frequency	階 級 Class mm	度 数 Frequency	階 級 Class mm/30min	度 数 Frequency
0~0.5	142	0~5	194	0~10	96	0~5	208
0.5~1.0	30	5~10	32	10~20	79	5~10	56
1.0~3.0	28	10~20	16	20~30	39	10~15	16
3.0~5.0	32	20~40	13	30~40	22	15~20	5
5.0~10	14	40~60	12	40~60	27	20~25	3
10~20	19	60~100	7	60~80	9	25~30	1
20~40	13	100~150	4	80~100	4	30~35	0
40~60	3	150~200	3	100~150	12	35~40	0
60~100	8	200~400	7	150~200	2	40~45	0
100~140	1	400~600	2			45~50	1
計 Total	290	計 Total	290	計 Total	290	計 Total	290

変 量 variables					
<i>aP₇</i>		<i>aP₄</i>		<i>aP₁</i>	
階 級 Class mm	度 数 Frequency	階 級 Class mm	度 数 Frequency	階 級 Class mm	度 数 Frequency
0~5	109	0~0.5	127	0~0.5	242
5~10	36	0.5~1.0	18	0.5~1.0	13
10~20	64	1~2	23	1~2	6
20~40	44	2~5	28	2~5	17
40~60	18	5~10	24	5~10	7
60~80	5	10~20	35	10~15	2
80~100	4	20~40	15	15~20	1
100~150	8	40~60	14	20~25	1
150~200	1	60~100	4	25~30	0
200~250	1	100~150	2	30~40	1
計 Total	290	計 Total	290	計 Total	290

Table 4. 釜淵・2号沢のT. P. における増水量の推定値・その実測値との差
Estimate of storm runoff and difference between the value and observed value for treatment period,
KAMABUCHI・No. 2.

(1) 年 Year	(2) 月 Month	(3) 実測値 Observed value R mm	(4) 推定値 Estimate $\hat{R}$ mm	(5) 推定値の 変動量* Variation of estimate $\hat{R}_{SE}$ mm	(6) 実測値と推定値の差(範囲) Difference (range) between observed value and estimate $\Delta R = R - \hat{R}$ mm	(7) 推定値に対する差の割合(範囲) Proportion (range) of difference to estimate $\Delta R / \hat{R}$ %	(8) 推定値に対する 変動量の割合 Proportion of variation to estimate $\hat{R}_{SE} / \hat{R}$ %	(9) 備考 Remarks 90 % ** 80 70
1948	7	31.44	27.87	19.35	+ 3.57 (+22.92~-15.78)	+ 12.8 (+ 82.2~- 56.6)	69.4	× × ×
	7	5.38	7.01	19.37	- 1.63 (+17.74~-21.00)	- 23.3 (+253.1~-299.6)	276.3	× × ×
	8	5.74	6.87	19.38	- 1.13 (+18.25~-20.51)	- 16.4 (+265.6~-298.5)	282.1	× × ×
	9	147.07	151.64	20.35	- 4.61 (+15.76~-24.96)	- 3.0 (+ 10.4~- 16.5)	13.4	× × ×
	9	10.91	11.26	19.37	- 0.35 (+19.02~-19.72)	- 3.1 (+168.9~-175.1)	172.0	× × ×
	10	176.81	128.51	20.02	+48.30 (+68.32~+28.28)	+ 37.6 (+ 53.2~+ 22.0)	15.6	○ ○ ○
	10	181.58	152.66	20.36	+28.92 (+49.28~+ 8.56)	+ 18.9 (+ 32.3~+ 5.6)	13.3	○ ○ ○
	5	6.45	6.45	19.38	0 (+19.38~-19.38)	0 (+300.5~-300.5)	300.5	× × ×
	6	24.56	21.73	19.35	+ 2.83 (+22.18~-16.52)	+ 13.0 (+102.1~- 76.0)	89.0	× × ×
	7	32.96	38.69	19.36	- 5.73 (+13.63~-25.09)	- 14.8 (+ 35.2~- 64.8)	50.0	× × ×
1949	7	14.06	13.85	19.36	+ 0.21 (+19.57~-19.15)	+ 1.5 (+141.3~-138.3)	139.8	× × ×
	7	3.78	3.94	19.39	- 0.16 (+19.23~-19.55)	- 4.1 (+488.1~-496.2)	492.1	× × ×
	8	2.75	7.70	19.38	- 4.95 (+14.43~-24.33)	- 64.3 (+187.4~-315.9)	251.7	× × ×
	9	40.37	45.25	19.37	- 4.88 (+14.49~-24.25)	- 10.8 (+ 32.0~- 53.6)	42.8	× × ×
	9	14.22	20.06	19.36	- 5.84 (+13.52~-25.20)	- 29.1 (+ 67.4~-125.6)	96.5	× × ×
	9	52.33	51.53	19.39	+ 0.80 (+20.19~-18.59)	+ 1.6 (+ 39.2~- 36.1)	37.6	× × ×
	9	40.18	28.50	19.35	+11.68 (+31.03~- 7.67)	+ 40.0 (+108.9~- 26.9)	67.9	× × ×
	10	3.72	0.87	19.40	+ 2.85 (+22.25~-16.55)	+327.6 (+2557.5~-1902.3)	2229.9	× × ×
	10	6.91	1.84	19.39	+ 5.07 (+24.46~-14.32)	+275.5 (+1329.3~-778.3)	1053.8	× × ×
	10	16.70	11.75	19.37	+ 4.95 (+24.32~-14.42)	+ 42.1 (+207.0~-122.7)	164.9	× × ×
1950	11	146.01	121.32	19.93	+24.69 (+44.62~+ 4.76)	+ 20.4 (+ 36.8~+ 3.9)	16.4	○ ○ ○
	11	42.18	38.48	19.36	+ 3.70 (+23.06~-15.66)	+ 9.6 (+ 59.9~- 40.7)	50.3	× × ×
	5	45.27	56.42	19.41	-11.15 (+ 8.26~-30.56)	- 19.8 (+ 14.6~- 54.2)	34.4	× × ○
	6	49.40	42.88	19.37	+ 6.52 (+25.89~-12.85)	+ 15.2 (+ 60.4~- 30.0)	45.2	× × ×
	6	62.16	50.84	19.39	+11.32 (+30.71~- 8.07)	+ 22.3 (+ 60.4~- 15.9)	38.1	× × ○
	7	11.07	14.13	19.38	- 3.06 (+16.32~-22.44)	- 21.7 (+115.5~-158.8)	137.2	× × ×
	7	82.40	71.14	19.48	+11.26 (+30.74~- 8.12)	+ 15.8 (+ 43.2~- 11.4)	27.4	× × ○

* 95%信頼度 95% confidence coefficient.

** 90, 80, 70%信頼度で有意○, 有意でない×。 Significant ○, non-significant × at the 90, 80 and 70% c.c.

林況変化, とくに伐採が溪川流出に及ぼす影響(Ⅱ)(中野・菊谷)

Table 4. (つづき) (Continued)

(1) 年 Year	(2) 月 Month	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)		
		実測値 Observed value	推定値 Estimate	推定値の 変動量* Variation of estimate	実測値と推定値の差(範囲) Difference (range) between observed value and estimate	推定値に対する差の割合(範囲) Proportion (range) of difference to estimate	推定値に対する 変動量の割合 Proportion of variation to estimate	備考 Remarks		
		R mm	$\hat{R}$ mm	$\hat{R}_{SE}$ mm	$\Delta R = R - \hat{R}$ mm	$\Delta R / \hat{R}$ %	$\hat{R}_{SE} / \hat{R}$ %	90	% 80	** 70
1950	7	30.94	23.62	19.35	+ 7.32 (+26.67~-12.03)	+ 31.0 (+112.9~- 50.9)	81.9	×	×	×
	8	1.95	14.61	19.36	-12.66 (+ 6.70~-32.02)	- 86.7 (+ 45.9~-219.2)	132.5	×	○	○
	8	4.68	23.90	19.35	-19.22 (+ 0.13~-38.57)	- 80.4 (+ 0.5~-161.4)	81.0	○	○	○
	9	6.13	16.92	19.36	-10.79 (+ 8.57~-30.15)	- 63.8 (+ 50.7~-178.2)	114.4	×	×	○
	9	10.58	19.85	19.36	- 9.27 (+10.09~-28.63)	- 46.7 (+ 50.8~-144.2)	97.5	×	×	×
	9	3.91	6.73	19.38	- 2.82 (+16.56~-22.20)	- 41.9 (+246.1~-329.9)	287.9	×	×	×
	10	144.59	131.93	20.06	+12.66 (+32.72~- 7.40)	+ 9.6 (+ 24.8~- 5.6)	15.2	×	×	○
	10	57.70	56.98	19.41	+ 0.72 (+20.13~-18.69)	+ 1.3 (+ 35.3~- 32.8)	34.1	×	×	×
	5	17.86	13.71	19.36	+ 4.15 (+23.51~-15.21)	+ 30.3 (+171.5~-110.9)	141.2	×	×	×
	6	16.80	13.29	19.37	+ 3.51 (+22.88~-15.86)	+ 26.4 (+172.2~-119.3)	145.7	×	×	×
1951	7	9.36	5.96	19.38	+ 3.40 (+22.78~-15.98)	+ 57.0 (+382.2~-268.1)	325.2	×	×	×
	7	19.64	16.78	19.36	+ 2.86 (+22.22~-16.50)	+ 17.0 (+132.4~- 98.3)	115.4	×	×	×
	8	0.78	3.03	19.39	- 2.25 (+17.14~-21.64)	- 74.3 (+565.7~-714.2)	639.9	×	×	×
	9	53.49	63.19	19.44	- 9.70 (+ 9.74~-29.14)	- 15.4 (+ 15.4~- 46.1)	30.8	×	×	×
	9	42.84	39.32	19.36	+ 3.52 (+22.88~-15.84)	+ 9.0 (+ 58.2~- 40.3)	49.2	×	×	×
	9	3.60	4.01	19.39	- 0.41 (+18.98~-19.80)	- 10.2 (+473.3~-493.8)	483.5	×	×	×
	9	9.42	6.03	19.38	+ 3.39 (+22.77~-15.99)	+ 56.2 (+377.6~-265.2)	321.4	×	×	×
	10	5.20	0.80	19.40	+ 4.40 (+23.80~-15.00)	+550.0(+2975.0~-1875.0)	2425.0	×	×	×
	10	5.70	3.66	19.39	+ 2.04 (+21.43~-17.35)	+ 55.7 (+585.5~-474.0)	529.8	×	×	×
	10	39.84	32.13	19.35	+ 7.71 (+27.06~-11.64)	+ 24.0 (+ 84.2~- 36.2)	60.2	×	×	×
	10	5.07	0.87	19.40	+ 4.20 (+23.60~-15.20)	+482.8(+2712.6~-1747.1)	2229.9	×	×	×
	10	55.07	39.18	19.36	+15.89 (+35.25~- 3.47)	+ 40.6 (+ 90.0~- 8.9)	49.4	×	○	○
	11	84.85	74.56	19.50	+10.29 (+29.79~- 9.21)	+ 13.8 (+ 40.0~- 12.4)	26.2	×	×	○
	5	6.59	12.94	19.37	- 6.35 (+13.02~-25.72)	- 49.1 (+100.6~-198.8)	149.7	×	×	×
	5	3.80	10.50	19.37	- 6.70 (+12.66~-25.07)	- 63.8 (+120.6~-238.8)	184.5	×	×	×
1952	6	26.92	22.64	19.35	+ 4.28 (+23.63~-15.07)	+ 18.9 (+104.4~- 66.6)	85.5	×	×	×
	6	3.25	3.80	19.39	- 0.55 (+18.84~-19.94)	- 14.5 (+495.8~-524.7)	510.3	×	×	×
	6	8.64	9.87	19.37	- 1.23 (+18.14~-20.60)	- 12.5 (+183.8~-208.7)	196.3	×	×	×
	7	68.44	64.65	19.45	- 3.79 (+15.66~-23.24)	- 5.9 (+ 24.2~- 35.9)	30.1	×	×	×
	7	99.68	76.94	19.52	+22.74 (+42.26~+ 3.22)	+ 29.6 (+ 54.9~+ 4.2)	25.4	○	○	○
	8	133.69	114.13	19.84	+19.56 (+39.40~- 0.28)	+ 17.1 (+ 34.5~- 0.2)	17.4	○	○	○
	8	68.44	57.88	19.41	+10.56 (+29.97~- 8.85)	+ 18.2 (+ 51.8~- 15.3)	33.5	×	×	○

1953	8	132.14	126.07	19.99	+ 6.07 (+26.06~-13.92)	+ 4.8 (+ 20.7~- 11.0)	15.9	×	×	×
	9	86.87	70.93	19.48	+15.94 (+35.42~- 3.54)	+ 22.5 (+ 49.9~- 5.0)	27.5	×	○	○
	9	9.16	8.75	19.37	+ 0.41 (+19.78~-18.96)	+ 4.7 (+226.1~-216.7)	221.4	×	×	×
	10	6.39	5.47	19.38	+ 0.92 (+20.30~-18.46)	+ 16.8 (+371.1~-337.5)	354.3	×	×	×
	10	11.91	7.36	19.38	+ 4.55 (+23.93~-14.83)	+ 61.8 (+325.1~-201.5)	263.3	×	×	×
	11	12.55	7.57	19.38	+ 4.98 (+24.36~-14.40)	+ 65.8 (+321.8~-190.2)	256.0	×	×	×
	11	6.19	4.63	19.39	+ 1.56 (+20.95~-17.83)	+ 33.7 (+452.5~-385.1)	418.8	×	×	×
	5	13.89	22.78	19.35	- 8.89 (+10.46~-28.24)	- 39.0 (+ 45.9~-123.9)	84.9	×	×	×
	6	85.77	70.52	19.48	+15.25 (+34.73~- 4.23)	+ 21.6 (+ 49.2~- 6.0)	27.6	×	○	○
	7	2.95	19.29	19.36	-16.34 (+ 3.02~-35.70)	- 84.7 (+ 15.7~-185.1)	100.4	○	○	○
	7	11.00	17.48	19.36	- 6.48 (+12.88~-25.84)	- 37.1 (+ 73.7~-147.8)	110.8	×	×	×
1954	7	166.85	131.09	20.03	+35.76 (+55.79~-15.73)	+ 27.3 (+ 42.6~+ 12.0)	15.3	○	○	○
	8	11.35	28.22	19.35	-16.87 (+ 2.48~-36.22)	- 59.8 (+ 8.8~-128.3)	68.6	○	○	○
	8	368.02	269.07	22.88	+98.95(+121.83~+76.07)	+ 36.3 (+ 45.3~+ 28.3)	8.5	○	○	○
	9	4.71	8.75	19.37	- 4.04 (+15.33~-23.41)	- 46.2 (+175.2~-267.5)	221.4	×	×	×
	9	58.11	43.65	19.37	+14.46 (+33.83~- 4.91)	+ 33.1 (+ 77.5~- 11.2)	44.4	×	○	○
	9	54.32	43.93	19.37	+10.39 (+29.76~- 8.98)	+ 23.7 (+ 67.7~- 20.4)	44.1	×	×	○
	10	9.12	5.68	19.38	+ 3.44 (+22.82~-15.94)	+ 60.6 (+401.8~-280.6)	341.2	×	×	×
	11	36.78	28.50	19.35	+ 8.28 (+27.63~-11.07)	+ 29.1 (+ 96.9~- 38.8)	67.9	×	×	×
	11	53.03	41.48	19.37	+11.55 (+30.92~- 7.82)	+ 27.8 (+ 74.5~- 18.9)	46.7	×	×	○
	5	26.47	26.13	19.35	+ 0.34 (+19.69~-19.01)	+ 1.3 (+ 75.4~- 72.8)	74.1	×	×	×
	5	24.59	20.83	19.36	+ 3.76 (+23.12~-15.60)	+ 18.1 (+111.0~- 74.9)	92.9	×	×	×
	5	6.71	8.75	19.37	- 2.04 (+17.33~-21.41)	- 23.3 (+198.1~-244.7)	221.4	×	×	×
	6	31.55	25.36	19.35	+ 6.19 (+25.54~-13.16)	+ 24.4 (+100.7~- 51.9)	76.3	×	×	×
	6	28.85	25.92	19.35	+ 2.93 (+22.28~-16.42)	+ 11.3 (+ 86.0~- 63.3)	74.7	×	×	×
	6	19.22	14.61	19.36	+ 4.61 (+23.97~-14.75)	+ 31.6 (+164.1~-101.0)	132.5	×	×	×
	6	51.25	47.69	19.38	+ 3.56 (+22.94~-15.82)	+ 7.5 (+ 48.1~- 33.2)	40.6	×	×	×
	7	6.92	1.70	19.39	+ 5.22 (+24.61~-14.17)	+307.1(+1447.6~-833.5)	1140.6	×	×	×
	7	7.84	3.24	19.39	+ 4.60 (+23.99~-14.79)	+142.0 (+740.4~-456.5)	598.5	×	×	×
	7	3.72	1.21	19.40	+ 2.51 (+21.91~-16.89)	+207.4(+1810.7~-1395.9)	1603.3	×	×	×
	7	25.28	17.27	19.36	+ 8.01 (+27.37~-11.35)	+ 46.4 (+158.5~- 65.7)	112.1	×	×	×
	7	12.80	35.55	19.36	-22.75 (- 3.39~-42.11)	- 64.0 (- 9.5~-118.5)	54.5	○	○	○
	9	3.94	18.87	19.36	-14.93 (+ 4.43~-34.29)	- 79.1 (+ 23.5~-181.7)	102.6	×	○	○
	9	14.42	35.62	19.36	-21.20 (- 1.84~-40.56)	- 59.5 (- 5.2~-113.9)	54.4	○	○	○
	9	28.75	38.90	19.36	-10.15 (+ 9.21~-29.51)	- 26.1 (+ 23.7~- 75.9)	49.8	×	×	○
	10	24.78	22.64	19.35	+ 2.14 (+21.49~-17.21)	+ 9.5 (+ 94.9~- 76.0)	85.5	×	×	×
	10	33.47	29.06	19.35	+ 4.41 (+23.76~-14.94)	+ 15.2 (+ 81.8~- 51.4)	66.6	×	×	×
	10	64.48	58.23	19.42	+ 6.25 (+25.67~-13.17)	+ 10.7 (+ 44.1~- 22.6)	33.4	×	×	×
	11	37.59	33.46	19.36	+ 4.13 (+23.49~-15.23)	+ 12.3 (+ 70.2~- 45.5)	57.9	×	×	×

Table 4. (つづき) (Continued)

(1) 年 Year	(2) 月 Month	(3) 実測値 Observed value	(4) 推定値 Estimate	(5) 推定値の 変動量* Variation of estimate	(6) 実測値と推定値の差(範囲) Difference (range) between observed value and estimate	(7) 推定値に対する差の割合(範囲) Proportion (range) of difference to estimate	(8) 推定値に対する 変動量の割合 Proportion of variation to estimate	(9) 備考 Remarks		
		R mm	$\hat{R}$ mm	$\hat{R}_{SE}$ mm	$\Delta R = R - \hat{R}$ mm	$\Delta R / \hat{R}$ %	$\hat{R}_{SE} / \hat{R}$ %	90	% 80	** 70
1955	5	47.13	41.48	19.37	+ 5.65 (+25.02~-13.82)	+ 13.6 (+ 60.3~- 33.3)	46.7	×	×	×
	5	59.44	58.93	19.42	+ 0.51 (+19.93~-18.91)	+ 0.9 (+ 33.8~- 32.1)	33.0	×	×	×
	6	21.43	24.18	19.35	- 2.75 (+16.60~-22.10)	- 11.4 (+ 68.7~- 91.4)	80.0	×	×	×
	6	50.34	40.30	19.36	+10.04 (+29.40~- 9.32)	+ 24.9 (+ 73.0~- 23.1)	48.0	×	×	×
	7	3.26	17.06	19.36	-13.80 (+ 5.56~-33.16)	- 80.9 (+ 32.6~-194.4)	113.5	×	○	○
	8	4.12	15.73	19.36	-11.61 (+ 7.75~-30.97)	- 73.8 (+ 49.3~-196.9)	123.1	×	×	○
	8	32.59	50.70	19.39	-18.11 (+ 1.28~-37.50)	- 35.7 (+ 2.5~- 74.0)	38.2	○	○	○
	8	13.69	32.41	19.35	-18.72 (+ 0.63~-38.07)	- 57.8 (+ 1.9~-117.5)	59.7	○	○	○
	9	22.47	24.44	19.35	- 1.97 (+17.38~-21.32)	- 8.1 (+ 71.1~- 87.2)	79.2	×	×	×
	9	77.17	80.70	19.54	- 3.53 (+16.01~-23.07)	- 4.4 (+ 19.8~- 28.6)	24.2	×	×	×
	11	245.94	195.23	21.13	+50.71 (+71.84~+29.58)	+ 26.0 (+ 36.8~+ 15.2)	10.8	○	○	○
1956	5	2.79	2.47	19.39	+ 0.32 (+19.71~-19.07)	+ 13.0 (+798.0~-772.1)	785.0	×	×	×
	5	2.53	6.44	19.38	- 3.91 (+15.47~-23.29)	- 60.7 (+240.2~-361.6)	300.9	×	×	×
	5	39.63	33.53	19.36	+ 6.10 (+25.46~-13.26)	+ 18.2 (+ 75.9~- 39.5)	57.7	×	×	×
	6	33.48	35.83	19.36	- 2.35 (+17.01~-21.71)	- 6.6 (+ 47.5~- 60.6)	54.0	×	×	×
	6	9.27	7.64	19.38	+ 1.63 (+21.01~-17.75)	+ 21.3 (+275.0~-232.3)	253.7	×	×	×
	6	58.01	46.93	19.38	+11.08 (+30.46~- 8.30)	+ 23.6 (+ 64.9~- 17.7)	41.3	×	×	○
	6	105.73	76.10	19.51	+29.63 (+49.14~+10.12)	+ 38.9 (+ 64.6~+ 13.3)	25.6	○	○	○
	7	3.05	8.96	19.37	- 5.91 (+13.46~-25.28)	- 66.0 (+150.2~-282.1)	216.2	×	×	×
	7	211.78	171.08	20.67	+40.70 (+61.37~+20.03)	+ 23.8 (+ 35.9~+ 11.7)	12.1	○	○	○
	8	72.48	78.54	19.53	- 6.06 (+13.47~-25.59)	- 7.7 (+ 17.2~- 32.6)	24.9	×	×	×
	8	20.10	22.08	19.35	- 1.98 (+17.37~-21.33)	- 9.0 (+ 78.7~- 96.6)	87.6	×	×	×
	9	15.20	34.57	19.36	-19.37 (- 0.01~-38.73)	- 56.0 (- 0.0~-112.0)	56.0	○	○	○
	9	27.02	25.22	19.35	- 1.80 (+17.55~-21.15)	- 7.1 (+ 69.6~- 83.9)	76.7	×	×	×
	11	59.41	49.44	19.39	- 9.97 (+ 9.42~-29.36)	- 20.2 (+ 19.1~- 59.4)	39.2	×	×	×
1957	5	26.09	24.04	19.35	- 2.05 (+17.30~-21.40)	- 8.5 (+ 72.0~- 89.0)	80.5	×	×	×
	6	36.60	40.79	19.36	- 4.19 (+15.17~-23.55)	- 10.3 (+ 37.2~- 57.7)	47.5	×	×	×
	7	212.77	171.57	20.68	+41.20 (+61.88~+20.52)	+ 24.0 (+ 36.1~+ 12.0)	12.1	○	○	○
	7	21.11	19.78	19.36	+ 1.33 (+20.69~-18.03)	+ 6.7 (+104.6~- 91.2)	97.9	×	×	×
	7	21.32	18.31	19.36	+ 3.01 (+22.37~-16.35)	+ 16.4 (+122.1~- 89.3)	105.7	×	×	×

1958	7	11.71	11.89	19.37	- 0.18 (+19.19~-19.55)	- 1.5 (+161.4~-164.4)	162.9	×	×	×
	7	3.53	4.49	19.39	- 0.96 (+18.43~-20.35)	- 21.4 (+410.5~-453.2)	431.8	×	×	×
	8	17.50	25.50	19.35	- 8.00 (+11.35~-27.35)	- 31.4 (+ 44.5~-107.3)	75.9	×	×	×
	8	7.47	8.47	19.38	- 1.00 (+18.38~-20.38)	- 11.8 (+217.0~-240.6)	228.8	×	×	×
	8	9.03	24.94	19.35	-15.91 (+ 3.44~-35.26)	- 63.8 (+ 13.8~-141.4)	77.6	×	○	○
	8	44.36	47.07	19.38	- 2.71 (+16.67~-22.09)	- 5.8 (+ 35.4~- 46.9)	41.2	×	×	×
	9	28.14	32.13	19.35	- 3.99 (+15.36~-23.34)	- 12.4 (+ 47.8~- 72.6)	60.2	×	×	×
	9	3.89	3.94	19.39	- 0.05 (+19.34~-19.44)	- 1.3 (+490.9~-493.4)	492.1	×	×	×
	9	22.43	28.78	19.35	- 6.35 (+13.00~-25.70)	- 22.1 (+ 45.2~- 89.3)	67.2	×	×	×
	9	4.76	3.94	19.39	+ 0.82 (+20.21~-18.57)	+ 20.8 (+512.9~-471.3)	492.1	×	×	×
	10	33.70	41.06	19.37	- 7.36 (+12.01~-26.73)	- 17.9 (+ 29.2~- 65.1)	47.2	×	×	×
	10	49.83	47.83	19.38	+ 2.00 (+21.38~-17.38)	+ 4.2 (+ 44.7~- 36.3)	40.5	×	×	×
	10	22.84	31.36	19.35	- 8.52 (+10.83~-27.87)	- 27.2 (+ 34.5~- 88.9)	61.7	×	×	×
	5	5.34	3.24	19.39	+ 2.10 (+21.49~-17.29)	+ 64.8 (+663.3~-533.6)	598.5	×	×	×
	7	58.79	78.40	19.52	-19.61 (- 0.09~-39.13)	- 25.0 (- 0.1~- 49.9)	24.9	○	○	○
	7	460.87	358.26	25.56	+102.61(+128.17~+77.05)	+ 28.6 (+ 35.8~+ 21.5)	7.1	○	○	○
	8	113.79	113.99	19.84	- 0.21 (+19.63~-20.05)	- 0.2 (+ 17.2~- 17.6)	17.4	×	×	×
	9	6.37	4.08	19.39	+ 2.29 (+21.68~-17.10)	+ 56.1 (+531.4~-419.1)	475.2	×	×	×
	9	29.28	21.52	19.35	+ 7.76 (+27.11~-11.59)	+ 36.1 (+126.0~- 53.9)	89.9	×	×	×
	9	10.18	6.87	19.38	+ 3.31 (+22.69~-16.07)	+ 48.2 (+330.3~-233.9)	282.1	×	×	×
	9	66.05	49.79	19.39	+16.26 (+35.65~- 3.13)	+ 32.7 (+ 71.6~- 6.3)	38.9	○	○	○
	9	23.97	18.38	19.36	+ 5.59 (+24.95~-13.77)	+ 30.4 (+135.7~- 74.9)	105.3	×	×	×
	9	59.08	45.25	19.38	+13.83 (+33.21~- 5.55)	+ 30.6 (+ 73.4~- 12.3)	42.8	×	×	×
	10	8.03	6.52	19.38	+ 1.51 (+20.89~-17.87)	+ 23.2 (+320.4~-274.1)	297.2	×	×	×
	10	120.64	104.90	19.75	+15.74 (+35.49~- 4.01)	+ 15.0 (+ 33.8~- 3.8)	18.8	×	○	○
	10	30.45	28.15	19.35	+ 2.30 (+21.65~-17.05)	+ 8.2 (+ 76.9~- 60.6)	68.7	×	×	×
	11	15.74	10.36	19.37	+ 5.38 (+24.75~-13.99)	+ 51.9 (+238.9~-135.0)	187.0	×	×	×
	11	47.07	30.95	19.35	+16.12 (+35.47~- 3.23)	+ 52.1 (+114.6~- 10.4)	62.5	×	○	○
	11	35.14	26.06	19.35	+ 9.08 (+28.43~-10.27)	+ 34.8 (+109.1~- 39.4)	74.3	×	×	×

Table 5. 竜の口山・北谷のT. P. における増水量の推定値・その実測値との差
Estimate of storm runoff and difference between the value and observed value for treatment period,
TATSUNOKUCHIYAMA・KITA-TANI.

(1) 年 Year	(2) 月 Month	(3) 実 測 値 Observed value R mm	(4) 推 定 値 Estimate $\hat{R}$ mm	(5) 推定値の 変動量* Variation of estimate $\hat{R}_{SE}$ mm	(6) 実測値と推定値の差(範囲) Difference (range) between observed value and estimate $\Delta R = R - \hat{R}$ mm	(7) 推定値に対する差の割合(範囲) Proportion (range) of difference to estimate $\Delta R / \hat{R}$ %	(8) 推定値に対する 変動量の割合 Proportion of variation to estimate $\hat{R}_{SE} / \hat{R}$ %	(9) 備 考 Remarks % ** 90 80 70
1945	2	0.13	0.84	15.00	- 0.71 (+14.29~-15.71)	- 84.5(+1701.2~-1870.2)	1785.7	× × ×
	2	0.13	1.30	15.00	- 1.17 (+13.83~-16.17)	- 90.0(+1063.8~-1243.8)	1153.8	× × ×
	3	10.26	7.63	14.99	+ 2.63 (+17.62~-12.36)	+ 34.5 (+230.9~-162.0)	196.5	× × ×
	3	17.38	9.63	14.99	+ 7.75 (+22.74~- 7.24)	+ 80.5 (+236.1~- 75.2)	155.7	× × ×
	3	5.90	2.01	15.00	+ 3.89 (+18.89~-11.11)	+193.5 (+939.8~-552.7)	746.3	× × ×
	5	1.36	1.07	14.99	+ 0.29 (+15.28~-14.70)	+ 27.1(+1428.0~-1373.8)	1400.9	× × ×
	5	10.81	9.93	15.00	+ 0.88 (+15.88~-14.12)	+ 8.9 (+159.9~-142.2)	151.1	× × ×
	6	4.64	7.79	15.00	- 3.15 (+11.85~-18.15)	- 40.4 (+152.1~-232.9)	192.6	× × ×
	6	12.00	13.21	15.00	- 1.21 (+13.81~-16.21)	- 9.2 (+104.5~-122.7)	113.6	× × ×
	6	14.93	13.35	15.00	+ 1.58 (+16.58~-13.42)	+ 11.8 (+124.2~-100.5)	112.4	× × ×
	6	0.39	0.17	15.00	+ 0.22 (+15.22~-14.78)	+129.4(+8952.9~-8694.1)	8823.5	× × ×
	7	0.47	1.18	14.99	- 0.71 (+14.28~-15.70)	- 60.2(+1210.2~-1330.5)	1270.3	× × ×
	7	0.45	1.54	14.99	- 1.09 (+13.90~-16.08)	- 70.8 (+902.6~-1044.2)	973.4	× × ×
	7	53.48	39.83	15.15	+13.65 (+28.80~- 1.50)	+ 34.3 (+ 72.3~- 3.8)	38.0	○ ○ ○
	7	7.24	10.68	15.19	- 3.40 (+11.79~-18.59)	- 31.8 (+110.4~-174.1)	142.2	× × ×
	7	26.09	12.68	15.11	+13.41 (+28.52~- 1.70)	+105.8 (+224.9~- 13.4)	119.2	○ ○ ○
	8	0.34	1.57	15.00	- 1.23 (+13.77~-16.23)	- 78.3 (+877.1~-1033.8)	955.4	× × ×
	8	1.79	17.95	15.03	-16.16 (- 1.13~-31.19)	- 90.0 (- 6.3~-173.8)	83.7	○ ○ ○
	9	3.22	1.94	15.03	+ 1.28 (+16.31~-13.75)	+ 66.0 (+840.7~-708.8)	774.7	× × ×
	9	18.14	15.25	15.09	+ 2.89 (+17.98~-12.20)	+ 19.0 (+117.9~- 80.0)	99.0	× × ×
	9	48.81	32.14	15.08	+16.67 (+31.75~+ 1.59)	+ 51.9 (+ 98.8~+ 4.9)	46.9	○ ○ ○
	9	8.10	4.90	15.23	+ 3.20 (+18.43~-12.03)	+ 65.3 (+376.1~-245.5)	310.8	× × ×
	9	29.96	20.01	15.03	+ 9.95 (+24.98~- 5.08)	+ 49.7 (+124.8~- 25.4)	75.1	× ○ ○
	10	4.63	2.12	15.21	+ 2.51 (+17.72~-12.70)	+118.4 (+835.8~-599.1)	717.5	× × ×
	10	1.01	3.11	15.00	- 2.10 (+12.90~-17.10)	- 67.5 (+414.8~-549.8)	482.3	× × ×

1946	10	15.07	3.36	20.96	+11.71 (+32.67~- 9.25)	+348.5 (+972.3~-275.3)	623.8	×	×	○
	10	5.28	1.08	15.12	+ 4.20 (+19.32~-10.92)	+388.9(+1788.9~-1011.1)	1400.0	×	×	×
	12	1.70	0.62	15.00	+ 1.08 (+16.08~-13.92)	+174.2(+2593.5~-2245.2)	2419.4	×	×	×
	1	2.11	3.12	15.00	- 1.01 (+13.99~-16.01)	- 32.4 (+448.4~-513.1)	480.8	×	×	×
	3	8.54	11.02	14.99	- 2.48 (+12.51~-17.47)	- 22.5 (+113.5~-158.5)	136.0	×	×	×
	3	2.36	0.18	14.99	+ 2.18 (+17.17~-12.81)	+1211.1(+9538.9~-7116.7)	8327.8	×	×	×
	4	6.76	4.65	14.99	+ 2.11 (+17.10~-12.88)	+ 45.4 (+367.7~-277.0)	322.4	×	×	×
	4	35.74	23.35	15.03	+12.39 (+27.42~- 2.64)	+ 53.1 (+117.4~- 11.3)	64.4	×	○	○
	5	67.31	46.92	15.22	+20.39 (+35.61~+ 5.17)	+ 43.5 (+ 75.9~+ 11.0)	32.4	○	○	○
	5	24.68	12.96	15.00	+11.72 (+26.72~- 3.28)	+ 90.4 (+206.2~- 25.3)	115.7	×	○	○
	5	0.56	1.68	14.99	- 1.12 (+13.87~-16.11)	- 66.7 (+825.6~-958.9)	892.3	×	×	×
	6	1.98	7.44	15.00	- 5.46 (+ 9.54~-20.46)	- 73.4 (+128.2~-275.0)	201.6	×	×	×
	6	10.56	14.91	15.00	- 4.35 (+10.65~-19.35)	- 29.2 (+ 71.4~-129.8)	100.6	×	×	×
	6	45.31	33.74	15.10	+11.57 (+26.67~- 3.53)	+ 34.3 (+ 79.0~- 10.5)	44.8	×	○	○
	7	13.37	12.68	15.04	+ 0.69 (+15.73~-14.35)	+ 5.4 (+124.1~-113.2)	118.6	×	×	×
	7	64.56	38.82	15.13	+25.74 (+40.87~+10.61)	+ 66.3 (+105.3~+ 27.3)	39.0	○	○	○
	8	0.58	8.87	15.40	- 8.29 (+ 7.11~-23.69)	- 93.5 (+ 80.2~-267.1)	173.6	×	×	×
	8	0.05	3.68	15.53	- 3.63 (+11.90~-19.16)	- 98.6 (+323.4~-520.7)	422.0	×	×	×
	9	1.98	19.21	15.09	-17.23 (- 2.14~-32.32)	- 89.7 (- 11.1~-168.2)	78.6	○	○	○
1947	9	2.51	9.30	15.04	- 6.79 (+ 8.25~-21.83)	- 73.0 (+ 88.7~-234.7)	161.7	×	×	×
	10	2.75	5.77	14.99	- 3.02 (+11.97~-18.01)	- 52.3 (+207.5~-312.1)	259.8	×	×	×
	10	37.46	33.49	15.09	+ 3.97 (+19.06~-11.12)	+ 11.9 (+ 56.9~- 33.2)	45.1	×	×	×
	11	1.94	1.48	14.99	+ 0.46 (+15.45~-14.53)	+ 31.1(+1043.9~-981.8)	1012.8	×	×	×
	11	4.02	9.31	15.00	- 5.29 (+ 9.71~-20.29)	- 56.8 (+104.3~-217.9)	161.1	×	×	×
	12	7.17	5.91	15.00	+ 1.26 (+16.26~-13.74)	+ 21.3 (+275.1~-232.5)	253.8	×	×	×
	12	5.81	7.97	15.00	- 2.16 (+12.84~-17.16)	- 27.1 (+161.1~-215.3)	188.2	×	×	×
	1	11.81	6.03	14.99	+ 5.78 (+20.77~- 9.21)	+ 95.9 (+344.4~-152.7)	248.6	×	×	×
	1	6.76	3.69	14.99	+ 3.07 (+18.06~-11.92)	+ 83.2 (+489.4~-323.0)	406.2	×	×	×
	3	5.38	4.13	15.00	+ 1.25 (+16.25~-13.75)	+ 30.3 (+393.5~-332.9)	363.2	×	×	×
	4	4.63	0.79	14.99	+ 3.84 (+18.83~-11.15)	+486.1(+2383.5~-1411.4)	1897.5	×	×	×
	4	19.05	16.01	15.01	+ 3.04 (+18.05~-11.97)	+ 19.0 (+112.7~- 74.8)	93.8	×	×	×
	5	3.49	3.84	15.02	- 0.39 (+14.63~-15.41)	- 10.2 (+381.0~-401.3)	391.1	×	×	×
	5	56.72	38.51	15.14	+18.21 (+33.35~+ 3.07)	+ 47.3 (+ 86.6~+ 8.0)	39.3	○	○	○
	5	9.63	8.12	15.01	+ 1.51 (+16.52~-13.50)	+ 18.6 (+203.4~-166.3)	184.9	×	×	×
	6	0.96	2.92	14.99	- 1.96 (+13.03~-16.95)	- 67.1 (+446.2~-580.5)	513.4	×	×	×
	6	25.06	13.12	15.00	+11.94 (+26.94~- 3.06)	+ 91.0 (+205.3~- 23.3)	114.3	×	○	○

* 95%信頼度 95% confidence coefficient.

** 90, 80, 70%信頼度で有意○, 有意でない×。 Significant ○, non-significant × at the 90, 80 and 70% c.c.

Table 5. (つづき) (Continued)

(1) 年 Year	(2) 月 Month	(3) 実測値 Observed value R mm	(4) 推定値 Estimate $\hat{R}$ mm	(5) 推定値の 変動量* Variation of estimate $\hat{R}_{SE}$ mm	(6) 実測値と推定値の差(範囲) Difference (range) between observed value and estimate $\Delta R = R - \hat{R}$ mm	(7) 推定値に対する差の割合(範囲) Proportion (range) of difference to estimate $\Delta R / \hat{R}$ %	(8) 推定値に対する 変動量の割合 Proportion of variation to estimate $\hat{R}_{SE} / \hat{R}$ %	(9) 備考 Remarks % ** 90 80 70
1948	6	11.10	9.03	15.02	+ 2.07 (+17.09~-12.95)	+ 22.9 (+189.3~-143.4)	166.3	× × ×
	7	50.65	34.30	15.12	+16.35 (+31.47~+ 1.23)	+ 47.7 (+ 91.7~+ 3.6)	44.1	○ ○ ○
	7	22.86	24.37	15.04	- 1.51 (+13.53~-16.55)	- 6.2 (+ 55.5~- 67.9)	61.7	× × ×
	8	0.55	2.96	14.99	- 2.41 (+12.58~-17.40)	- 81.4 (+425.0~-587.8)	506.4	× × ×
	8	0.50	0.62	15.00	- 0.12 (+14.88~-15.12)	- 19.4(+2400.0~-2438.7)	2419.4	× × ×
	9	0.27	2.00	14.99	- 1.73 (+13.26~-16.72)	- 86.5 (+663.0~-836.0)	749.5	× × ×
	9	0.27	2.03	14.99	- 1.76 (+13.23~-16.75)	- 86.7 (+651.7~-826.1)	738.4	× × ×
	9	0.32	6.02	14.99	- 5.70 (+ 9.29~-20.69)	- 94.7 (+154.3~-343.6)	249.0	× × ×
	10	0.91	3.10	14.99	- 2.19 (+12.80~-17.18)	- 70.6 (+412.9~-554.2)	483.5	× × ×
	12	2.62	2.19	15.00	+ 0.43 (+15.43~-14.57)	+ 19.6 (+704.6~-665.3)	684.9	× × ×
	2	2.75	3.12	14.99	- 0.37 (+14.62~-15.36)	- 11.9 (+468.6~-492.3)	480.4	× × ×
	2	3.00	1.19	15.00	+ 1.81 (+16.81~-13.19)	+152.1(+1412.6~-1108.4)	1260.5	× × ×
	3	7.73	5.61	14.99	+ 2.12 (+17.11~-12.87)	+ 37.8 (+305.0~-229.4)	267.2	× × ×
	3	25.19	20.64	15.02	+ 4.55 (+19.57~-10.47)	+ 22.0 (+ 94.8~- 50.7)	72.8	× × ×
	4	2.25	1.10	15.00	+ 1.15 (+16.15~-13.85)	+104.5(+1468.2~-1259.1)	1363.6	× × ×
	4	12.37	6.05	14.99	+ 6.32 (+21.31~- 8.67)	+104.5 (+352.2~-143.3)	247.8	× × ×
	4	14.32	13.80	15.00	+ 0.52 (+15.52~-14.48)	+ 3.8 (+112.5~-104.9)	108.7	× × ×
	5	12.68	13.80	15.00	- 1.12 (+13.88~-16.12)	- 8.1 (+100.6~-116.8)	108.7	× × ×
	5	0.87	0.20	15.00	+ 0.67 (+15.67~-14.33)	+335.0(+7835.0~-7165.0)	7500.0	× × ×
	6	0.41	1.83	15.00	- 1.42 (+13.58~-16.42)	- 77.6 (+742.1~-897.3)	819.7	× × ×
	6	0.24	0.77	15.00	- 0.53 (+14.47~-15.53)	- 68.8(+1879.2~-2016.9)	1948.1	× × ×
	6	0.99	8.27	15.00	- 7.28 (+ 7.72~-22.28)	- 88.0 (+ 93.3~-269.4)	181.4	× × ×
	7	0.35	3.16	15.00	- 2.81 (+12.19~-17.81)	- 88.9 (+385.8~-563.6)	474.7	× × ×
	7	32.92	38.77	15.17	- 5.85 (+ 9.32~-21.02)	- 15.1 (+ 24.0~- 54.2)	39.1	× × ×
	7	0.17	1.82	15.06	- 1.65 (+13.41~-16.71)	- 90.7 (+736.8~-918.1)	827.4	× × ×
	7	15.34	12.96	15.02	+ 2.38 (+17.40~-12.64)	+ 18.4 (+134.3~- 97.5)	115.9	× × ×
	8	6.45	30.96	15.15	-24.51 (- 9.36~-39.66)	- 79.2 (+ 30.2~-128.1)	48.9	○ ○ ○
	9	26.77	36.61	15.21	- 9.84 (+ 5.37~-25.05)	- 26.9 (+ 14.7~- 68.4)	41.5	× × ×
	9	0.78	2.14	15.00	- 1.36 (+13.64~-16.36)	- 63.6 (+637.4~-764.5)	700.9	× × ×
	9	28.92	22.79	15.03	+ 6.13 (+21.16~- 8.90)	+ 26.9 (+ 92.8~- 39.1)	65.9	× × ×

1949	10	0.27	1.41	15.06	- 1.14 (+13.92~-16.20)	- 80.9 (+987.2~-1148.9)	1068.1	×	×	×
	10	84.11	47.47	15.24	+36.64 (+51.88~+21.40)	+ 77.2 (+109.3~+ 45.1)	32.1	○	○	○
	11	14.11	17.08	15.01	- 2.97 (+12.04~-17.98)	- 17.4 (+ 70.5~-105.3)	87.9	×	×	×
	11	16.54	12.14	15.00	- 4.40 (+19.40~-10.60)	+ 36.2 (+159.8~- 87.3)	123.6	×	×	×
	12	3.11	0.18	14.99	+ 2.93 (+17.92~-12.06)	+1627.8(+9955.6~-6700.0)	8327.8	×	×	×
	12	9.88	4.39	14.99	+ 5.49 (+20.48~- 9.50)	+125.1 (+466.5~-216.4)	341.5	×	×	×
	2	8.28	5.28	15.00	+ 3.00 (+18.00~-12.00)	+ 56.8 (+340.9~-227.3)	284.1	×	×	×
	3	50.09	30.09	15.07	+20.00 (+35.07~+ 4.93)	+ 66.5 (+116.6~+ 16.4)	50.1	○	○	○
	4	1.52	0.58	15.00	+ 0.94 (+15.94~-14.06)	+162.1(+2748.3~-2424.1)	2586.2	×	×	×
	4	1.27	0.63	15.00	+ 0.64 (+15.64~-14.36)	+101.6(+2482.5~-2279.4)	2380.9	×	×	×
	5	4.00	0.80	14.99	+ 3.20 (+18.19~-11.79)	+400.0(+2273.8~-1473.8)	1873.8	×	×	×
	5	3.14	5.26	14.99	- 2.12 (+12.87~-17.11)	- 40.3 (+244.7~-325.3)	284.9	×	×	×
	5	20.69	20.24	15.02	+ 0.45 (+15.47~-14.57)	+ 2.2 (+ 76.4~- 72.0)	74.2	×	×	×
	6	25.89	23.90	15.05	+ 1.99 (+17.04~-13.06)	+ 8.3 (+ 71.3~- 54.6)	63.0	×	×	×
	6	96.82	64.15	15.44	+32.67 (+48.11~+17.23)	+ 50.9 (+ 75.0~+ 26.9)	24.1	○	○	○
	6	7.56	8.94	15.00	- 1.38 (+13.62~-16.38)	- 15.4 (+152.3~-183.2)	167.8	×	×	×
	7	36.33	24.58	15.04	+11.75 (+26.79~- 3.29)	+ 47.8 (+109.0~- 13.4)	61.2	×	○	○
	7	32.94	47.16	15.25	-14.22 (+ 1.03~-29.47)	- 30.2 (+ 2.2~- 62.5)	32.3	○	○	○
	8	2.25	15.53	15.02	-13.28 (+ 1.74~-28.30)	- 85.5 (+ 11.2~-182.2)	96.7	○	○	○
	8	0.46	0.65	14.99	- 0.20 (+14.79~-15.19)	- 30.8(+2275.4~-2336.9)	2306.2	×	×	×
	9	0.24	1.64	14.99	- 1.40 (+13.59~-16.39)	- 85.4 (+828.7~-999.4)	914.0	×	×	×
1950	9	15.56	23.04	15.03	- 7.48 (+ 7.55~-22.51)	- 32.5 (+ 32.8~- 97.7)	65.2	×	×	○
	9	72.59	53.79	15.31	+18.80 (+34.11~+ 3.49)	+ 35.0 (+ 63.4~+ 6.5)	28.5	○	○	○
	10	47.17	33.94	15.11	+13.23 (+28.34~- 1.88)	+ 39.0 (+ 83.5~- 5.5)	44.5	○	○	○
	11	0.47	1.53	15.00	- 1.06 (+13.94~-16.06)	- 69.3 (+911.1~-1049.7)	980.4	×	×	×
	12	2.71	3.93	14.99	- 1.22 (+13.77~-16.21)	- 31.0 (+350.4~-412.5)	381.4	×	×	×
	12	29.90	21.56	15.03	+ 8.34 (+23.37~- 6.69)	+ 38.7 (+108.4~- 31.0)	69.7	×	×	○
	1	16.02	7.70	14.99	+ 8.32 (+23.31~- 6.67)	+108.1 (+302.7~- 86.6)	194.7	×	×	○
	1	23.71	9.26	15.00	+14.45 (+29.45~- 0.55)	+156.0 (+318.0~- 5.9)	162.0	○	○	○
	1	38.30	18.13	15.02	+20.17 (+35.19~+ 5.15)	+111.2 (+194.1~+ 28.4)	82.8	○	○	○
	2	18.21	7.93	15.00	+10.28 (+25.28~- 4.72)	+129.6 (+318.8~- 59.5)	189.2	×	○	○
	3	23.20	13.25	15.01	+ 9.95 (+24.96~- 5.06)	+ 75.1 (+188.4~- 38.2)	113.3	×	○	○
	3	4.15	1.12	15.00	+ 3.03 (+18.03~-11.97)	+270.5(+1609.8~-1068.7)	1339.3	×	×	×
	3	83.31	48.54	15.26	+34.77 (+50.03~+19.51)	+ 71.6 (+103.1~+ 40.2)	31.4	○	○	○
	4	24.05	20.37	15.03	+ 3.68 (+18.71~-11.35)	+ 18.1 (+ 91.8~- 55.7)	73.8	×	×	×
	5	0.84	0.10	15.00	+ 0.74 (+15.74~-14.26)	+740.0(+15740.0~-14260.0)	15000.0	×	×	×
	5	2.64	4.29	14.99	- 1.65 (+13.34~-16.64)	- 38.5 (+311.0~-387.9)	349.4	×	×	×

Table 5. (つづき) (Continued)

(1) 年 Year	(2) 月 Month	(3) 実測値 Observed value R mm	(4) 推定値 Estimate $\hat{R}$ mm	(5) 推定値の 変動量* Variation of estimate $\hat{R}_{SE}$ mm	(6) 実測値と推定値の差(範囲) Difference (range) between observed value and estimate $\Delta R = R - \hat{R}$ mm	(7) 推定値に対する差の割合(範囲) Proportion (range) of difference to estimate $\Delta R / \hat{R}$ %	(8) 推定値に対する 変動量の割合 Proportion of variation to estimate $\hat{R}_{SE} / \hat{R}$ %	(9) 備 考 Remarks 90 80 **
1951	5	1.87	5.04	15.00	- 3.17 (+11.83~-18.17)	- 62.9 (+234.7~-360.5)	297.6	× × ×
	5	4.89	11.39	14.99	- 6.50 (+ 8.49~-21.49)	- 57.1 (+ 74.5~-188.7)	131.6	× × ×
	6	0.23	1.48	15.00	- 1.25 (+13.75~-16.25)	- 84.5 (+929.1~-1097.9)	1013.5	× × ×
	6	25.45	30.63	15.07	- 5.18 (+ 9.89~-20.25)	- 16.9 (+ 32.3~- 66.1)	49.2	× × ×
	6	20.61	17.77	15.04	+ 2.84 (+17.88~-12.20)	+ 16.0 (+100.6~- 68.7)	84.6	× × ×
	7	0.40	2.47	15.00	- 2.07 (+12.93~-17.07)	- 83.8 (+523.5~-691.1)	607.3	× × ×
	7	0.37	5.76	15.00	- 5.39 (+ 9.61~-20.39)	- 93.6 (+166.8~-354.0)	260.4	× × ×
	8	3.30	21.18	15.04	-17.88 (- 2.84~-32.92)	- 84.4 (- 13.4~-155.4)	71.0	○ ○ ○
	8	0.95	13.91	15.01	-12.96 (+ 2.05~-27.97)	- 93.2 (+ 14.7~-201.1)	107.9	○ ○ ○
	9	4.65	20.08	15.03	-15.43 (- 0.40~-30.46)	- 76.8 (- 2.0~-151.7)	74.9	○ ○ ○
	9	0.28	3.12	15.04	- 2.84 (+12.20~-17.88)	- 91.0 (+391.0~-573.1)	482.1	× × ×
	9	0.30	1.55	14.99	- 1.25 (+13.74~-16.24)	- 80.6 (+886.5~-1047.7)	967.1	× × ×
	9	7.01	8.96	15.00	- 1.95 (+13.05~-16.95)	- 21.8 (+145.6~-189.2)	167.4	× × ×
	9	4.66	6.72	15.02	- 2.06 (+12.96~-17.08)	- 30.7 (+192.9~-254.2)	223.5	× × ×
	9	1.28	3.40	14.99	- 2.12 (+12.87~-17.11)	- 62.4 (+378.5~-503.2)	440.9	× × ×
	10	3.08	5.43	15.00	- 2.35 (+12.65~-17.35)	- 43.3 (+233.0~-319.5)	276.2	× × ×
	10	0.64	1.23	15.00	- 0.59 (+14.41~-15.59)	- 48.0 (+1171.5~-1267.5)	1219.5	× × ×
	10	6.04	10.92	15.00	- 4.88 (+10.12~-19.88)	- 44.7 (+ 92.7~-182.1)	137.4	× × ×
	11	13.28	10.99	15.00	+ 2.29 (+17.29~-12.71)	+ 20.8 (+157.3~-115.7)	136.5	× × ×
	11	4.09	2.89	15.00	+ 1.20 (+16.20~-13.80)	+ 41.5 (+560.6~-477.5)	519.0	× × ×
	11	11.59	4.98	14.99	+ 6.61 (+21.60~- 8.38)	+132.7 (+433.7~-168.3)	301.0	× × ×
	11	8.39	4.82	14.99	+ 3.57 (+18.56~-11.42)	+ 74.1 (+385.1~-236.9)	311.0	× × ×
	12	5.25	2.20	14.99	+ 3.05 (+18.04~-11.94)	+138.6 (+820.0~-542.7)	681.4	× × ×
	1	8.90	4.99	15.00	+ 3.91 (+18.91~-11.09)	+ 78.4 (+379.0~-222.2)	300.6	× × ×
	2	31.76	17.77	15.01	+13.99 (+29.00~- 1.02)	+ 78.7 (+163.2~- 5.7)	84.5	○ ○ ○
	4	78.80	56.07	15.36	+22.73 (+38.09~+ 7.37)	+ 40.5 (+ 67.9~+ 13.1)	27.4	○ ○ ○
	4	5.16	4.09	15.00	+ 1.07 (+16.07~-13.93)	+ 26.2 (+392.9~-340.6)	366.7	× × ×
	5	16.46	11.31	15.00	+ 5.15 (+20.15~- 9.85)	+ 45.5 (+178.2~- 87.1)	132.6	× × ×

1952	5	5.40	7.97	14.99	- 2.57 (+12.42~-17.56)	- 32.2 (+155.8~-220.3)	188.1	×	×	×
	5	1.29	4.30	14.99	- 3.01 (+11.98~-18.00)	- 70.0 (+278.6~-418.6)	348.6	×	×	×
	5	23.06	21.80	15.02	+ 1.26 (+16.28~-13.76)	+ 5.8 (+ 74.7~- 63.1)	68.9	×	×	×
	6	1.29	9.07	15.00	- 7.78 (+ 7.22~-22.78)	- 85.8 (+ 79.6~-251.2)	165.4	×	×	×
	6	0.46	2.88	15.00	- 2.42 (+12.58~-17.42)	- 84.0 (+436.8~-604.9)	520.8	×	×	×
	6	0.79	2.71	14.99	- 1.92 (+13.07~-16.91)	- 70.8 (+482.2~-624.0)	553.1	×	×	×
	7	32.39	27.34	15.05	+ 5.05 (+20.10~-10.00)	+ 18.5 (+ 73.5~- 36.6)	55.0	×	×	×
	7	217.46	126.84	16.84	+90.62(+107.46~+73.78)	+ 71.4 (+ 84.7~+ 58.2)	13.3	○	○	○
	9	0.43	1.05	15.00	- 0.62 (+14.38~-15.62)	- 59.0(+1369.5~-1487.6)	1428.6	×	×	×
	9	1.64	20.90	15.02	-19.26 (- 4.24~-34.28)	- 92.2 (- 20.3~-164.0)	71.9	○	○	○
	9	0.41	3.66	15.00	- 3.25 (+11.75~-18.25)	- 88.8 (+321.0~-498.6)	409.8	×	×	×
	9	0.34	1.10	14.99	- 0.76 (+14.23~-15.75)	- 69.1(+1293.6~-1431.8)	1362.7	×	×	×
	10	3.93	23.17	15.05	-19.24 (- 4.19~-34.29)	- 83.0 (- 18.1~-148.0)	65.0	○	○	○
	10	0.75	4.14	15.06	- 3.39 (+11.67~-18.45)	- 81.9 (+281.9~-445.7)	363.8	×	×	×
	11	1.79	5.79	14.99	- 4.00 (+10.99~-18.99)	- 69.1 (+189.8~-328.0)	258.9	×	×	×
	11	3.81	5.73	15.00	- 1.92 (+13.08~-16.92)	- 33.5 (+228.3~-295.3)	261.8	×	×	×
	12	2.99	2.65	14.99	+ 0.34 (+15.33~-14.65)	+ 12.8 (+578.5~-552.8)	565.7	×	×	×
	1	21.36	18.76	15.03	+ 2.60 (+17.63~-12.43)	+ 13.9 (+ 94.0~- 66.3)	80.1	×	×	×
	2	13.33	10.65	15.00	+ 2.68 (+17.68~-12.32)	+ 25.2 (+166.0~-115.7)	140.8	×	×	×
	3	36.60	24.82	15.06	+11.78 (+26.84~- 3.28)	+ 47.5 (+108.1~- 13.2)	60.7	×	○	○
	3	11.49	4.77	14.99	+ 6.72 (+21.71~- 8.27)	+140.9 (+455.1~-173.4)	314.3	×	×	×
	3	12.98	5.14	14.99	+ 7.84 (+22.83~- 7.15)	+152.5 (+444.2~-139.1)	291.6	×	×	×
	4	16.94	8.47	15.00	+ 8.47 (+23.47~- 6.53)	+100.0 (+277.1~- 77.1)	177.1	×	×	○
	4	5.27	5.37	15.00	- 0.10 (+14.90~-15.10)	- 1.9 (+277.5~-281.2)	279.3	×	×	×
	4	24.06	12.60	14.99	+11.46 (+26.45~- 3.53)	+ 91.0 (+209.9~- 28.0)	118.9	×	○	○
	4	11.20	7.68	15.00	+ 3.52 (+18.52~-11.48)	+ 45.8 (+241.1~-149.5)	195.3	×	×	×
	4	13.24	7.10	14.99	+ 6.14 (+21.13~- 8.85)	+ 86.5 (+297.6~-124.6)	211.1	×	×	×
	5	17.49	10.51	14.99	+ 6.98 (+21.97~- 8.01)	+ 66.4 (+209.0~- 76.2)	142.6	×	×	×
	5	0.90	3.04	15.00	- 2.14 (+12.86~-17.14)	- 70.4 (+423.0~-563.8)	493.4	×	×	×
	5	3.63	9.80	15.00	- 6.17 (+ 8.83~-21.17)	- 63.0 (+ 90.1~-216.0)	153.1	×	×	×
	6	41.99	34.45	15.10	+ 7.54 (+22.64~- 7.56)	+ 21.9 (+ 65.7~- 21.9)	43.8	×	×	×
	7	124.63	72.19	15.61	+52.44 (+68.05~+36.83)	+ 72.6 (+ 94.3~+ 51.0)	21.6	○	○	○
	7	93.19	61.79	15.50	+31.40 (+46.90~+15.90)	+ 50.8 (+ 75.9~+ 25.7)	25.1	○	○	○
	7	16.00	11.89	15.01	+ 4.11 (+19.12~-10.90)	+ 34.6 (+160.8~- 91.7)	126.2	×	×	×
	7	27.91	24.89	15.05	+ 3.02 (+18.07~-12.03)	+ 12.1 (+ 72.6~- 48.3)	60.5	×	×	×
	8	0.37	7.15	15.05	- 6.78 (+ 8.27~-21.83)	- 94.8 (+115.7~-305.3)	210.5	×	×	×
	8	15.93	12.44	15.00	+ 3.49 (+18.49~-11.51)	+ 28.1 (+148.6~- 92.5)	120.6	×	×	×

Table 5. (つづき) (Continued)

(1) 年 Year	(2) 月 Month	(3) 実測値 Observed value	(4) 推定値 Estimate	(5) 推定値の 変動量* Variation of estimate	(6) 実測値と推定値の差(範囲) Difference (range) between observed value and estimate	(7) 推定値に対する差の割合(範囲) Proportion (range) of difference to estimate	(8) 推定値に対する 変動量の割合 Proportion of variation to estimate	(9) 備考 Remarks		
		R mm	$\hat{R}$ mm	$\hat{R}_{SE}$ mm	$\Delta R = R - \hat{R}$ mm	$\Delta R / \hat{R}$ %	$\hat{R}_{SE} / \hat{R}$ %	90	% 80	** 70
1953	9	0.32	1.34	15.00	-1.02 (+13.98~-16.02)	-76.1(+1043.3~-1195.5)	1119.4	×	×	×
	9	13.45	45.61	15.21	-32.16 (-16.95~-47.37)	-70.5 (-37.2~-103.9)	33.3	○	○	○
	10	0.85	7.51	15.00	-6.66 (+8.34~-21.66)	-88.7 (+111.1~-288.4)	199.7	×	×	×
	11	7.32	18.17	15.02	-10.85 (+4.17~-25.87)	-59.7 (+22.9~-142.4)	82.7	×	○	○
	11	0.53	1.29	15.00	-0.76 (+14.24~-15.76)	-58.9(+1103.9~-1221.7)	1162.8	×	×	×
	2	8.17	6.30	14.99	+1.87 (+16.86~-13.12)	+29.7 (+267.6~-208.3)	237.9	×	×	×
	3	6.53	6.81	14.99	-0.28 (+14.71~-15.27)	-4.1 (+216.0~-224.2)	220.1	×	×	×
	3	12.38	7.66	14.99	+4.72 (+19.71~-10.27)	+61.6 (+257.3~-134.1)	195.7	×	×	×
	4	2.26	2.51	15.00	-0.25 (+14.75~-15.25)	-10.0 (+587.6~-607.6)	597.6	×	×	×
	4	0.76	0.91	15.00	-0.15 (+14.85~-15.15)	-16.5(+1631.9~-1664.8)	1648.4	×	×	×
	5	26.13	23.04	15.08	+3.09 (+18.17~-11.99)	+13.4 (+78.9~-52.0)	65.5	×	×	×
	5	43.60	31.76	15.10	+11.84 (+26.94~-3.26)	+37.3 (+84.8~-10.3)	47.5	×	○	○
	6	183.53	109.32	16.40	+74.21 (+90.61~+57.81)	+67.9 (+82.9~+52.9)	15.0	○	○	○
	6	3.07	3.57	14.99	-0.50 (+14.49~-15.49)	-14.0 (+405.9~-433.9)	419.9	×	×	×
	6	68.59	40.94	15.15	+17.65 (+32.80~+2.50)	+43.1 (+80.1~+6.1)	37.0	○	○	○
1954	1	9.96	8.05	14.99	+1.91 (+16.90~-13.08)	+23.7 (+209.9~-162.5)	186.2	×	×	×
	3	18.73	11.08	15.01	+7.65 (+22.66~-7.36)	+69.0 (+204.5~-66.4)	135.5	×	×	×
	4	2.51	2.84	15.00	-0.33 (+14.67~-15.33)	-11.6 (+516.5~-539.8)	528.2	×	×	×
	4	27.08	17.20	15.01	+9.88 (+24.89~-5.13)	+57.4 (+144.7~-29.8)	87.3	×	○	○
	4	2.62	3.40	15.02	-0.78 (+14.24~-15.80)	-22.9 (+418.8~-464.7)	441.8	×	×	×
	5	29.73	25.83	15.04	+3.90 (+18.94~-11.14)	+15.1 (+73.3~-43.1)	58.2	×	×	×
	5	15.76	15.39	15.00	+0.37 (+15.37~-14.63)	+24.0 (+99.9~-95.1)	97.5	×	×	×
	5	34.46	22.29	15.03	+12.17 (+27.20~-2.86)	+54.6 (+122.0~-12.8)	67.4	×	○	○
	6	9.76	9.42	15.00	+0.34 (+15.34~-14.66)	+3.6 (+162.8~-155.6)	159.2	×	×	×
	6	42.62	42.80	15.17	-0.18 (+14.99~-15.35)	-0.4 (+35.0~-35.9)	35.4	×	×	×
	7	328.38	199.55	19.52	+128.83(+148.35~+109.31)	+64.6 (+74.3~+54.8)	9.8	○	○	○
	7	2.37	9.22	15.00	-6.85 (+8.15~-21.85)	-74.3 (+88.4~-237.0)	162.7	×	×	×
	8	3.37	8.56	15.28	-5.19 (+10.09~-20.47)	-60.6 (+117.9~-239.1)	178.5	×	×	×

1955	8	0.32	1.57	15.00	- 1.25 (+13.75~-16.25)	- 79.6 (+875.8~-1035.0)	955.4	×	×	×
	8	17.09	30.97	15.08	-13.88 (+ 1.20~-28.96)	- 44.8 (+ 3.9~- 93.5)	48.7	○	○	○
	9	6.96	7.26	14.99	- 0.33 (+14.69~-15.29)	- 4.1 (+202.3~-210.6)	206.5	×	×	×
	9	0.36	1.53	14.99	- 1.17 (+13.82~-16.16)	- 76.5 (+903.3~-1056.2)	979.7	×	×	×
	9	39.00	44.35	15.21	- 5.35 (+ 9.86~-20.56)	- 12.1 (+ 22.2~- 46.4)	34.3	×	×	×
	11	5.38	17.95	15.02	-12.57 (+ 2.45~-27.59)	- 70.0 (+ 13.6~-153.7)	83.7	○	○	○
	12	9.46	8.64	15.00	+ 0.82 (+15.82~-14.18)	+ 9.5 (+183.1~-164.1)	173.6	×	×	×
	2	1.50	0.53	15.00	+ 0.97 (+15.97~-14.03)	+183.0(+3013.2~-2647.2)	2830.2	×	×	×
	2	2.84	1.41	15.00	+ 1.43 (+16.43~-13.57)	+101.4(+1165.2~-962.4)	1063.8	×	×	×
	2	20.16	9.34	15.03	+10.82 (+25.85~- 4.21)	+115.8 (+276.8~- 45.1)	160.9	×	○	○
	3	9.05	3.24	14.99	+ 5.81 (+20.80~- 9.18)	+179.3 (+642.0~-283.3)	462.7	×	×	×
	3	31.30	23.62	15.04	+ 7.68 (+22.72~- 7.36)	+ 32.5 (+ 96.2~- 31.2)	63.7	×	×	×
	4	62.03	36.57	15.14	+25.46 (+40.60~+10.32)	+ 69.6 (+111.0~+ 28.2)	41.4	○	○	○
	5	17.34	15.42	15.00	+ 1.92 (+16.92~-13.08)	+ 12.5 (+109.7~- 84.8)	97.3	×	×	×
	5	5.70	8.29	15.00	- 2.59 (+12.41~-17.59)	- 31.2 (+149.7~-212.2)	180.9	×	×	×
	5	10.91	13.43	15.04	- 2.52 (+12.52~-17.56)	- 18.8 (+ 93.2~-130.8)	112.0	×	×	×
	6	36.53	32.74	15.09	+ 3.79 (+18.88~-11.30)	+ 11.6 (+ 57.7~- 34.5)	46.1	×	×	×
	7	59.64	49.90	15.25	+ 9.74 (+24.99~- 5.51)	+ 19.5 (+ 50.1~- 11.0)	30.6	×	×	○
	7	0.90	7.13	15.00	- 6.23 (+ 8.77~-21.23)	- 87.4 (+123.0~-297.8)	210.4	×	×	×
	8	1.60	23.53	15.05	-21.93 (- 6.88~-36.98)	- 93.2 (- 29.2~-157.2)	64.0	○	○	○
1956	9	0.50	5.64	14.99	- 5.14 (+ 9.85~-20.13)	- 91.1 (+174.6~-356.9)	265.8	×	×	×
	9	0.77	10.64	15.00	- 9.87 (+ 5.13~-24.87)	- 92.8 (+ 48.2~-233.7)	141.0	×	○	○
	10	0.31	3.53	15.00	- 3.22 (+11.78~-18.22)	- 91.2 (+333.7~-516.1)	424.9	×	×	×
	10	3.15	17.22	15.01	-14.07 (+ 0.94~-29.08)	- 81.7 (+ 5.5~-168.9)	87.2	○	○	○
	11	0.25	1.15	15.00	- 0.90 (+14.10~-15.90)	- 78.3(+1226.1~-1382.6)	1304.3	×	×	×
	11	2.21	7.51	14.99	- 5.30 (+ 9.69~-20.29)	- 70.6 (+129.0~-270.2)	199.6	×	×	×
	1	3.99	9.83	15.00	- 5.84 (+ 9.16~-20.84)	- 59.4 (+ 93.2~-212.0)	152.6	×	×	×
	1	8.91	11.92	15.01	- 3.01 (+12.00~-18.02)	- 25.3 (+100.7~-151.2)	125.9	×	×	×
	3	10.76	7.04	15.00	+ 3.72 (+18.72~-11.28)	+ 52.8 (+265.9~-160.2)	213.1	×	×	×
	3	44.22	35.83	15.13	+ 8.39 (+23.52~- 6.74)	+ 23.4 (+ 65.6~- 18.8)	42.2	×	×	○
	4	12.22	8.23	15.00	+ 3.99 (+18.99~-11.01)	+ 48.5 (+230.7~-133.8)	182.3	×	×	×
	5	2.18	8.52	14.99	- 6.34 (+ 8.65~-21.33)	- 74.4 (+101.5~-250.4)	175.9	×	×	×
	5	9.91	7.63	14.99	+ 2.28 (+17.27~-12.71)	+ 29.9 (+226.3~-166.6)	196.5	×	×	×
	5	2.60	19.40	15.01	-16.80 (- 1.79~-31.81)	- 86.6 (- 9.2~-163.9)	77.4	○	○	○
	6	10.34	6.83	14.99	+ 3.51 (+18.50~-11.48)	+ 51.4 (+270.9~-168.1)	219.5	×	×	×
	6	35.03	22.75	15.03	+12.28 (+27.31~- 2.75)	+ 54.0 (+120.0~- 12.1)	66.1	×	○	○
	6	4.12	5.40	14.99	- 1.28 (+13.71~-16.27)	- 23.7 (+253.9~-301.3)	277.6	×	×	×
	6	44.96	41.46	15.16	+ 3.50 (+18.66~-11.66)	+ 8.4 (+ 45.0~- 28.1)	36.6	×	×	×

Table 5. (つづき) (Continued)

(1) 年 Year	(2) 月 Month	(3) 実測値 Observed value	(4) 推定値 Estimate	(5) 推定値の 変動量* Variation of estimate	(6) 実測値と推定値の差(範囲) Difference (range) between observed value and estimate	(7) 推定値に対する差の割合(範囲) Proportion (range) of difference to estimate	(8) 推定値に対する 変動量の割合 Proportion of variation to estimate	(9) 備考 Remarks		
		R mm	$\hat{R}$ mm	$\hat{R}_{SE}$ mm	$\Delta R = R - \hat{R}$ mm	$\Delta R / \hat{R}$ %	$\hat{R}_{SE} / \hat{R}$ %	90	%	**
1957	8	0.12	1.62	15.00	-1.50 (+13.50~-16.50)	-92.6 (+833.3~-1018.5)	925.9	×	×	×
	8	0.06	0.46	14.99	-0.40 (+14.59~-15.39)	-87.0 (+3171.7~-3345.7)	3258.7	×	×	×
	8	0.65	14.66	15.00	-14.01 (+0.91~-29.01)	-95.6 (+6.2~-197.9)	102.3	○	○	○
	8	5.79	29.56	15.07	-23.77 (-8.70~-38.84)	-80.4 (-29.4~-131.4)	51.0	○	○	○
	9	0.44	3.42	15.00	-2.98 (+12.02~-17.98)	-87.1 (+351.5~-525.7)	438.6	×	×	×
	9	2.82	11.62	14.99	-8.80 (+6.19~-23.79)	-75.7 (+53.3~-204.7)	129.0	×	×	○
	9	52.52	40.75	15.16	+11.79 (+26.95~-3.37)	+28.9 (+66.1~-8.3)	37.2	×	○	○
	10	6.98	9.15	14.99	-2.27 (+12.72~-17.26)	-24.8 (+139.0~-188.6)	163.8	×	×	×
	10	2.53	6.28	14.99	-3.75 (+11.24~-18.74)	-59.7 (+179.0~-298.4)	238.7	×	×	×
	11	14.45	10.59	15.00	+3.86 (+18.86~-11.14)	+36.4 (+178.1~-105.2)	141.6	×	×	×
	1	0.67	3.58	14.99	-2.91 (+12.08~-17.90)	-81.3 (+337.4~-500.0)	418.7	×	×	×
	2	21.22	19.77	15.02	+1.45 (+16.47~-13.57)	+7.3 (+83.3~-68.6)	76.0	×	×	×
	3	4.52	2.59	14.99	+1.93 (+16.92~-13.06)	+74.5 (+653.3~-504.2)	578.8	×	×	×
	4	0.31	1.38	15.00	-1.07 (+13.93~-16.07)	-77.5 (+1009.4~-1164.5)	1087.0	×	×	×
	4	75.38	52.71	15.29	+22.67 (+37.96~+7.38)	+43.0 (+72.0~+14.0)	29.0	○	○	○
	5	6.00	4.14	14.99	+1.86 (+16.85~-13.13)	+44.9 (+407.0~-317.1)	362.1	×	×	×
	5	15.94	20.37	15.02	-4.43 (+10.59~-19.45)	-21.7 (+52.0~-95.5)	73.7	×	×	×
	6	44.99	40.68	15.00	+4.31 (+19.31~-10.69)	+10.6 (+47.5~-26.3)	36.9	×	×	×
	7	94.34	73.40	15.25	+20.94 (+36.19~-5.69)	+28.5 (+49.3~-7.8)	20.8	○	○	○
	7	41.50	23.53	15.04	+17.97 (+33.01~+2.93)	+76.4 (+140.3~+12.5)	63.9	○	○	○
	7	3.71	0.30	15.01	+3.41 (+18.42~-11.60)	+1136.7 (+6140.0~-3866.7)	5003.3	×	×	×
	8	19.64	37.82	15.16	-18.18 (-3.02~-33.34)	-48.1 (-8.0~-88.2)	40.1	○	○	○
	9	0.96	10.50	15.27	-9.54 (+5.73~-24.81)	-90.9 (+54.6~-236.3)	145.4	×	×	○
	9	7.10	14.30	15.01	-7.20 (+7.81~-22.21)	-50.3 (+54.6~-155.3)	105.0	×	×	×
	9	23.11	21.86	15.03	+1.25 (+16.28~-13.78)	+5.7 (+74.5~-63.0)	68.8	×	×	×
	9	0.61	2.94	15.04	-2.33 (+12.71~-17.37)	-79.3 (+432.3~-590.8)	511.6	×	×	×
	9	27.13	22.57	15.03	+4.56 (+19.59~-10.47)	+20.2 (+86.8~-46.4)	66.6	×	×	×
	10	9.77	8.90	14.99	+0.87 (+15.86~-14.12)	+9.8 (+178.2~-158.7)	168.4	×	×	×

1958	10	0.30	3.57	15.00	- 3.27 (+11.73~-18.27)	- 91.6 (+328.6~-511.8)	420.1	×	×	×
	11	0.64	2.90	15.00	- 2.26 (+12.74~-17.26)	- 77.9 (+439.3~-595.2)	517.2	×	×	×
	12	0.66	0.59	14.99	+ 0.07 (+15.06~-14.92)	+ 11.9(+2552.5~-2528.8)	2540.7	×	×	×
	1	3.50	7.32	15.00	- 3.82 (+11.18~-18.82)	- 52.2 (+152.7~-226.2)	204.8	×	×	×
	2	20.05	20.21	15.03	- 0.16 (+14.87~-15.19)	- 0.8 (+ 73.6~- 75.2)	74.4	×	×	×
	3	28.97	26.15	15.04	+ 2.82 (+17.86~-12.22)	+ 10.8 (+ 68.3~- 46.7)	57.5	×	×	×
	4	20.21	13.64	15.01	+ 6.57 (+21.58~- 8.44)	+ 48.2 (+158.2~- 61.9)	110.0	×	×	×
	4	40.17	31.00	14.99	+ 9.17 (+24.16~- 5.82)	+ 29.6 (+ 77.9~- 18.8)	48.4	×	×	○
	5	6.21	6.79	14.99	- 0.58 (+14.41~-15.57)	- 8.5 (+212.2~-229.3)	220.8	×	×	×
	5	16.26	20.61	15.02	- 4.35 (+10.67~-19.37)	- 21.1 (+ 51.8~- 94.0)	72.9	×	×	×
	6	0.73	6.61	14.99	- 5.88 (+ 9.11~-20.87)	- 89.0 (+137.8~-315.7)	226.8	×	×	×
	6	6.93	9.65	14.99	- 2.72 (+12.27~-17.71)	- 28.2 (+127.2~-183.5)	155.3	×	×	×
	7	38.71	49.84	15.28	-11.13 (+ 4.15~-26.41)	- 22.3 (+ 8.3~- 53.0)	30.7	×	○	○
	8	0.21	3.82	15.00	- 3.61 (+11.39~-18.61)	- 94.5 (+298.2~-487.2)	392.7	×	×	×
	8	2.77	29.92	15.09	-27.15 (-12.06~-42.24)	- 90.7 (- 40.3~-141.2)	50.4	○	○	○
	8	0.57	5.53	15.04	- 4.96 (+10.08~-20.00)	- 89.7 (+182.3~-361.7)	272.0	×	×	×
	9	0.42	4.38	14.99	- 3.96 (+11.03~-18.95)	- 90.4 (+251.8~-432.6)	342.2	×	×	×
	9	2.86	19.40	15.03	-16.54 (- 1.51~-31.57)	- 85.3 (- 7.8~-162.7)	77.5	○	○	○
	10	0.49	3.04	15.00	- 2.55 (+12.45~-17.55)	- 83.9 (+409.5~-577.3)	493.4	×	×	×
	10	6.74	11.60	14.99	- 9.86 (+ 5.13~-24.85)	- 85.0 (+ 44.3~-214.2)	129.2	×	○	○
	11	4.16	4.64	14.99	- 0.48 (+14.51~-15.47)	- 10.3 (+312.7~-333.4)	323.1	×	×	×

Table 6. 釜淵・2号沢の T. P. における増水ピーク流量の推定値・その実測値との差
Estimate of peak discharge and difference between the value and observed value for treatment period,
KAMABUCHI・No. 2.

(1) 年 Year	(2) 月 Month	(3) 実測値 Observed value Q l/s	(4) 推定値 Estimate $\hat{Q}$ l/s	(5) 推定値の 変動量* Variation of estimate $\hat{Q}_{SE}$ l/s	(6) 実測値と推定値の差(範囲) Difference (range) between observed value and estimate $\Delta Q = Q - \hat{Q}$ l/s	(7) 推定値に対する差の割合(範囲) Proportion (range) of difference to estimate $\Delta Q / \hat{Q}$ %	(8) 推定値に対する 変動量の割合 Proportion of variation to estimate $\hat{Q}_{SE} / \hat{Q}$ %	(9) 備考 Remarks 90 % ** 80 70
1948	7	36.39	34.45	15.86	+ 1.94 (+17.80~-13.92)	+ 5.6 (+ 51.7~- 40.4)	46.0	× × ×
	7	15.11	25.17	15.84	-10.06 (+ 5.78~-25.90)	- 40.0 (+ 23.0~-102.9)	62.9	× × ○
	8	8.41	19.53	15.77	-11.12 (+ 4.65~-26.89)	- 56.9 (+ 23.8~-137.7)	80.7	× ○ ○
	9	48.74	53.78	16.23	- 5.04 (+11.19~-21.27)	- 9.4 (+ 20.8~- 39.6)	30.2	× × ×
	9	3.60	3.14	15.42	+ 0.46 (+15.88~-14.96)	+ 14.6 (+505.7~-476.4)	491.1	× × ×
	10	59.14	51.17	15.91	+ 7.97 (+23.88~- 7.94)	+ 15.6 (+ 46.7~- 15.5)	31.1	× × ×
	10	37.92	54.32	16.23	-16.40 (- 0.17~-32.63)	- 30.2 (- 0.3~- 60.1)	29.9	○ ○ ○
	5	3.59	7.46	15.40	- 3.87 (+11.53~-19.27)	- 51.9 (+154.6~-258.3)	206.4	× × ×
	6	14.79	9.38	15.45	+ 5.41 (+20.86~-10.04)	+ 57.7 (+222.4~-107.0)	164.7	× × ×
	7	10.40	18.97	15.41	- 8.57 (+ 6.84~-23.98)	- 45.2 (+ 36.1~-126.4)	81.2	× × ○
1949	7	6.27	6.97	15.41	- 0.70 (+14.71~-16.11)	- 10.0 (+211.0~-231.1)	221.1	× × ×
	8	7.53	19.16	15.55	-11.63 (+ 3.92~-27.18)	- 60.7 (+ 20.5~-141.9)	81.2	× ○ ○
	9	92.76	61.25	18.01	+31.51 (+49.52~+13.50)	+ 51.4 (+ 80.8~+ 22.0)	29.4	○ ○ ○
	9	4.75	13.86	15.39	- 9.11 (+ 6.28~-24.50)	- 65.7 (+ 45.3~-176.8)	111.0	× × ○
	9	64.71	45.81	16.38	+18.90 (+35.28~+ 2.52)	+ 41.3 (+ 77.1~+ 5.5)	35.8	○ ○ ○
	9	84.36	38.44	16.07	+45.92 (+61.99~+29.85)	+119.5 (+161.3~+ 77.7)	41.8	○ ○ ○
	10	18.18	13.31	15.44	+ 4.87 (+20.31~-10.57)	+ 36.6 (+152.6~- 79.4)	116.0	× × ×
	11	17.88	34.73	16.03	-16.85 (- 0.82~-32.88)	- 48.5 (- 2.4~- 94.7)	46.2	○ ○ ○
	11	9.60	16.37	15.47	- 6.77 (+ 8.70~-22.24)	- 41.4 (+ 53.1~-135.9)	94.5	× × ×
	5	17.76	30.03	15.45	-12.27 (+ 3.18~-27.72)	- 40.9 (+ 10.6~- 92.3)	51.4	× ○ ○
1950	6	31.70	20.90	15.46	+10.80 (+26.26~- 4.66)	+ 51.7 (+125.6~- 22.3)	51.7	× ○ ○
	6	16.31	21.09	15.48	- 4.78 (+10.70~-20.26)	- 22.7 (+ 50.7~- 96.1)	22.7	× × ×
	7	5.55	16.24	15.52	-10.69 (+ 4.83~-26.21)	- 65.8 (+ 29.7~-161.4)	65.8	× ○ ○
	7	45.52	36.36	15.52	+ 9.16 (+24.68~- 6.36)	+ 25.2 (+ 67.9~- 17.5)	25.2	× × ○
	7	107.52	28.07	16.25	+79.45 (+95.70~+63.20)	+283.0 (+340.9~+225.2)	57.9	○ ○ ○
	8	2.77	5.86	15.40	- 3.09 (+12.31~-18.49)	- 52.7 (+210.1~-315.5)	262.8	× × ×
	8	8.75	27.72	15.87	-18.97 (- 3.10~-34.84)	- 68.4 (- 11.2~-125.7)	68.4	○ ○ ○
	9	11.77	20.64	15.52	- 8.87 (+ 6.65~-24.39)	- 43.0 (+ 32.2~-118.2)	75.2	× × ○
	9	7.20	7.54	15.40	- 0.34 (+15.06~-15.74)	- 4.5 (+199.7~-208.8)	204.2	× × ×

1951	9	2.24	3.24	15.43	- 1.00 (+14.43~-16.43)	- 30.9 (+445.4~-507.1)	476.2	×	×	×
	10	50.12	52.00	16.05	- 1.88 (+14.17~-17.93)	- 3.6 (+ 27.3~- 34.5)	30.9	×	×	×
	10	10.47	19.20	15.50	- 8.73 (+ 6.77~-24.23)	- 45.5 (+ 35.3~-126.2)	80.7	×	×	○
	5	15.43	15.97	15.59	- 0.54 (+15.05~-16.13)	- 3.4 (+ 94.2~-101.0)	97.6	×	×	×
	6	15.98	14.73	15.43	+ 1.25 (+16.68~-14.18)	+ 8.5 (+113.2~- 96.3)	104.8	×	×	×
	7	2.51	4.23	15.47	- 1.72 (+13.75~-17.19)	- 40.7 (+325.1~-406.4)	365.7	×	×	×
	7	7.67	5.53	15.43	+ 2.14 (+17.57~-13.29)	+ 38.7 (+317.7~-240.3)	279.0	×	×	×
	7	6.34	7.03	15.41	- 0.69 (+14.72~-16.10)	- 9.8 (+209.4~-229.0)	219.2	×	×	×
	8	3.20	8.75	15.69	- 5.55 (+10.14~-21.24)	- 63.4 (+115.9~-242.7)	179.3	×	×	×
	9	43.78	44.09	16.32	- 0.31 (+16.01~-16.63)	- 0.7 (+363.1~- 37.7)	37.0	×	×	×
1952	9	18.47	19.77	15.39	- 1.30 (+14.09~-16.69)	- 6.6 (+ 71.3~- 84.4)	77.8	×	×	×
	9	8.79	12.80	15.63	- 4.01 (+11.62~-19.64)	- 31.3 (+ 90.8~-153.4)	122.1	×	×	×
	10	3.49	1.31	15.42	+ 2.18 (+17.60~-13.24)	+166.4(+1343.5~-1010.7)	1177.1	×	×	×
	10	3.51	1.88	15.42	+ 1.63 (+17.05~-13.79)	+ 86.7 (+906.9~-733.5)	820.2	×	×	×
	10	12.10	20.37	15.40	- 8.27 (+ 7.13~-23.67)	- 40.6 (+ 35.0~-116.2)	75.6	×	×	○
	10	13.48	13.85	15.42	- 0.37 (+15.05~-15.79)	- 2.7 (+108.7~-114.0)	111.3	×	×	×
	11	15.04	23.17	15.57	- 8.13 (+ 7.44~-23.70)	- 35.1 (+ 32.1~-102.3)	67.2	×	×	×
	5	6.14	8.16	15.39	- 2.02 (+13.37~-17.41)	- 24.8 (+163.8~-213.4)	188.6	×	×	×
	5	2.32	11.10	15.44	- 8.78 (+ 6.66~-24.22)	- 79.1 (+ 60.0~-218.2)	139.1	×	×	○
	6	17.09	15.46	15.39	+ 1.63 (+17.02~-13.76)	+ 10.5 (+110.1~- 89.0)	99.5	×	×	×
1953	6	3.09	3.92	15.67	- 0.83 (+14.84~-16.50)	- 21.2 (+378.6~-420.9)	399.7	×	×	×
	6	6.50	5.48	15.43	+ 1.02 (+16.45~-14.41)	+ 18.6 (+300.2~-263.0)	281.6	×	×	×
	7	29.89	24.35	15.47	+ 5.54 (+21.01~- 9.93)	+ 22.8 (+ 86.3~- 40.8)	63.5	×	×	×
	7	42.59	30.77	15.53	+11.82 (+27.35~- 3.71)	+ 38.4 (+ 88.9~- 12.1)	50.5	×	○	○
	8	58.59	49.77	15.95	+ 8.82 (+24.77~- 7.13)	+ 17.7 (+ 49.8~- 14.3)	32.0	×	×	○
	8	23.72	20.81	15.57	+ 2.91 (+18.48~-12.66)	+ 14.0 (+ 88.8~- 60.8)	74.8	×	×	×
	8	30.90	47.59	15.88	-16.69 (- 0.81~-32.57)	- 35.1 (- 1.7~- 68.4)	33.4	○	○	○
	9	80.58	47.92	15.80	+32.66 (+48.46~-16.86)	+ 68.2 (+101.1~- 35.2)	33.0	○	○	○
	9	4.72	3.90	15.41	+ 0.82 (+16.23~-14.59)	+ 21.0 (+416.2~-374.1)	395.1	×	×	×
	10	5.73	2.93	15.41	+ 2.80 (+18.21~-12.61)	+ 95.6 (+621.5~-430.4)	525.9	×	×	×
1953	11	7.18	1.02	15.45	+ 6.16 (+21.61~- 9.29)	+603.9(+2118.6~-910.8)	1514.7	×	×	×
	11	3.50	8.25	15.47	- 4.75 (+10.72~-20.22)	- 57.6 (+129.9~-245.1)	187.5	×	×	×
	5	4.69	10.46	15.42	- 5.77 (+ 9.65~-21.19)	- 55.2 (+ 92.3~-202.6)	147.4	×	×	×
	6	23.70	29.03	15.63	- 5.33 (+10.30~-20.96)	- 18.4 (+ 35.5~- 72.2)	53.8	×	×	×
	7	1.07	12.86	15.42	-11.79 (+ 3.63~-27.21)	- 91.7 (+ 28.2~-211.6)	119.9	×	○	○
	7	8.47	7.65	15.43	+ 0.82 (+16.25~-14.61)	+ 10.7 (+212.4~-191.0)	201.7	×	×	×
	7	57.38	53.09	15.93	+ 4.29 (+20.22~-11.64)	+ 8.1 (+ 38.1~- 21.9)	30.0	×	×	×

* 95%信頼度 95% confidence coefficient.

** 90, 80, 70%信頼度で有意○, 有意でない×。 Significant ○, non-significant × at the 90, 80 and 70% c.c.

Table 6. (つづき) (Continued)

(1) 年 Year	(2) 月 Month	(3) 実測値 Observed value Q l/s	(4) 推定値 Estimate $\hat{Q}$ l/s	(5) 推定値の 変動量* Variation of estimate $\hat{Q}_{SE}$ l/s	(6) 実測値と推定値の差(範囲) Difference (range) between observed value and estimate $\Delta Q = Q - \hat{Q}$ l/s	(7) 推定値に対する差の割合(範囲) Proportion (range) of difference to estimate $\Delta Q / \hat{Q}$ %	(8) 推定値に対する 変動量の割合 Proportion of variation of estimate $\hat{Q}_{SE} / \hat{Q}$ %	(9) 備考 Remarks 90 80 70		
1954	8	12.06	20.89	15.54	- 8.83 (+ 6.71~-24.37)	- 42.3 (+ 32.1~-116.7)	74.4	×	×	○
	8	231.92	125.95	18.83	+105.97(+124.80~+87.14)	+ 84.1 (+ 99.1~+ 69.2)	15.0	○	○	○
	9	18.07	21.59	16.69	- 3.52 (+13.17~-20.21)	- 16.3 (+ 61.0~- 93.6)	77.3	×	×	×
	9	31.94	23.07	15.49	+ 8.87 (+24.36~- 6.62)	+ 38.4 (+105.6~- 28.7)	67.1	×	×	○
	9	14.40	16.99	15.43	- 2.59 (+12.84~-18.02)	- 15.2 (+ 75.6~-106.1)	90.8	×	×	×
	10	2.73	4.02	15.41	- 1.29 (+14.12~-16.70)	- 32.1 (+351.2~-415.4)	383.3	×	×	×
	11	23.30	17.75	15.55	+ 5.55 (+21.10~-10.00)	+ 31.3 (+118.9~- 56.3)	87.6	×	×	×
	11	52.49	42.13	16.62	+10.36 (+26.98~- 6.26)	+ 24.6 (+ 64.0~- 14.9)	39.4	×	×	○
	5	12.21	11.64	15.45	+ 0.57 (+16.02~-14.88)	+ 4.9 (+137.6~-127.8)	132.7	×	×	×
	5	11.31	10.52	15.44	+ 0.79 (+16.23~-14.65)	+ 7.5 (+154.3~-139.3)	146.8	×	×	×
	5	5.12	10.16	15.48	- 5.04 (+10.44~-20.52)	- 49.6 (+102.8~-202.0)	152.4	×	×	×
	6	12.56	10.85	15.45	+ 1.71 (+17.16~-13.74)	+ 15.8 (+158.2~-126.6)	142.4	×	×	×
	6	20.63	13.33	15.38	+ 7.30 (+22.68~- 8.08)	+ 54.8 (+170.1~- 60.6)	115.4	×	×	×
	6	11.56	3.79	15.42	+ 7.77 (+23.19~- 7.65)	+205.0 (+611.9~-201.8)	406.9	×	×	×
	6	12.51	10.79	15.52	+ 1.72 (+17.24~-13.80)	+ 15.9 (+159.8~-127.9)	143.8	×	×	×
	7	5.69	1.66	15.44	+ 4.03 (+19.47~-11.41)	+242.8(+1172.9~-687.3)	930.1	×	×	×
	7	8.97	7.56	15.39	+ 1.41 (+16.80~-13.98)	+ 18.7 (+222.2~-184.9)	203.6	×	×	×
	7	6.58	16.46	15.42	- 9.88 (+ 5.54~-25.30)	- 60.0 (+ 33.7~-153.7)	93.7	×	×	○
	9	4.41	9.70	15.40	- 5.29 (+10.11~-20.69)	- 54.5 (+104.2~-213.3)	158.8	×	×	×
	9	8.98	20.14	15.40	-11.16 (+ 4.24~-26.56)	- 55.4 (+ 21.4~-131.9)	76.5	×	○	○
	9	5.91	17.20	15.88	-11.29 (+ 4.59~-27.17)	- 65.6 (+ 26.7~-158.0)	92.3	×	○	○
1955	10	18.69	17.38	15.58	+ 1.31 (+16.89~-14.27)	+ 7.5 (+ 97.2~- 82.1)	89.6	×	×	×
	10	22.44	12.00	15.39	+10.44 (+25.83~- 4.95)	+ 87.0 (+215.3~- 41.3)	128.3	×	○	○
	10	11.88	22.89	15.48	-11.01 (+ 4.47~-26.49)	- 48.1 (+ 19.5~-115.7)	67.6	×	○	○
	11	5.61	13.36	15.40	- 7.75 (+ 7.65~-23.15)	- 58.0 (+ 57.3~-173.3)	115.3	×	×	×
	5	20.98	19.35	15.43	+ 1.63 (+17.06~-13.80)	+ 8.4 (+ 88.2~- 71.3)	79.7	×	×	×
	5	17.94	23.18	15.48	- 5.24 (+10.24~-20.72)	- 22.6 (+ 44.2~- 89.4)	66.8	×	×	×
	6	6.65	8.45	15.41	- 1.80 (+13.61~-17.21)	- 21.3 (+161.1~-203.7)	182.4	×	×	×
	6	17.96	12.61	15.43	+ 5.35 (+20.78~-10.08)	+ 42.4 (+164.8~- 79.9)	122.4	×	×	×

Table 7. 竜の口山・北谷の T. P. における増水ピーク流量の推定値・その実測値との差
Estimate of peak discharge and difference between the value and observed value for treatment period,
TATSUNOKUCHIYAMA・KITA-TANI.

(1) 年 Year	(2) 月 Month	(3) 実測値 Observed value Q l/s	(4) 推定値 Estimate $\hat{Q}$ l/s	(5) 推定値の 変動量* Variation of estimate $\hat{Q}_{SE}$ l/s	(6) 実測値と推定値の差 (範囲) Difference (range) between observed value and estimate $\Delta Q = Q - \hat{Q}$ l/s	(7) 推定値に対する差の割合 (範囲) Proportion (range) of difference to estimate $\Delta Q / \hat{Q}$ %	(8) 推定値に対する 変動量の割合 Proportion of variation to estimate $\hat{Q}_{SE} / \hat{Q}$ %	(9) 備 考 Remarks 90 % ** 80 70
1945	2	0.49	1.15	80.72	- 0.66 (+80.06~-81.38)	- 57.4 (+6961.7~-7076.5)	7019.1	× × ×
	3	23.44	16.07	80.79	+ 7.37 (+88.18~-73.40)	+ 45.9 (+548.7~- 456.8)	502.7	× × ×
	3	62.56	40.70	80.95	+21.86(+102.81~-59.09)	+ 53.7 (+252.6~- 145.2)	198.9	× × ×
	3	7.79	4.37	80.72	+ 3.42 (+84.14~-77.30)	+ 78.3(+1925.2~-1768.9)	1847.1	× × ×
	5	2.38	1.89	80.76	+ 0.49 (+81.25~-80.27)	+ 25.9(+4298.9~-4247.1)	4273.0	× × ×
	5	21.98	32.20	80.79	-10.22 (+70.57~-91.01)	- 31.7 (+219.2~-282.6)	250.9	× × ×
	6	12.55	28.83	80.74	-16.28 (+64.46~-97.02)	- 56.5 (+223.6~-336.5)	280.1	× × ×
	6	32.79	46.74	80.84	-13.95 (+66.89~-94.79)	- 29.8 (+143.1~-202.8)	172.9	× × ×
	6	25.52	40.84	80.76	-15.32 (+65.44~-96.08)	- 37.5 (+160.2~-235.3)	197.7	× × ×
	6	4.22	3.91	80.84	+ 0.31 (+81.15~-80.53)	+ 7.9(+2075.4~-2059.6)	2067.5	× × ×
	7	4.64	5.07	80.71	- 0.43 (+80.28~-81.14)	- 8.5(+1583.4~-1600.4)	1591.9	× × ×
	7	14.80	17.63	81.92	- 2.83 (+79.09~-84.12)	- 16.1 (+448.6~-477.1)	464.7	× × ×
	7	229.56	147.01	81.66	+82.55(+164.21~+ 0.89)	+ 56.2 (+111.7~+ 0.6)	55.5	○ ○ ○
	7	24.36	30.25	81.23	- 5.89 (+75.34~-87.12)	- 19.5 (+249.1~-288.0)	268.5	× × ×
	7	159.41	74.54	81.05	+84.87(+165.92~+ 3.82)	+113.9 (+222.6~+ 5.1)	108.7	○ ○ ○
	8	9.79	28.57	82.54	-18.78 (+63.76~-101.32)	- 65.7 (+223.2~-354.6)	288.9	× × ×
	8	21.52	70.30	80.89	-48.78 (+32.11~-129.67)	- 69.4 (+ 45.7~-184.5)	115.1	× × ○
	9	10.81	24.11	81.53	-13.30 (+68.23~-94.83)	- 55.2 (+282.9~-393.3)	338.2	× × ×
	9	104.86	92.52	83.98	+12.34 (+96.32~-71.64)	+ 13.3 (+104.1~- 77.4)	90.8	× × ×
	9	205.13	122.63	81.07	+82.50(+163.57~+ 1.43)	+ 67.3 (+133.4~+ 1.2)	66.1	○ ○ ○
	9	34.56	30.79	81.67	+ 3.77 (+85.44~-77.90)	+ 12.2 (+277.5~-253.0)	265.2	× × ×
	9	4.53	12.49	81.36	- 7.96 (+73.40~-89.32)	- 63.7 (+587.7~-715.1)	651.4	× × ×
	9	13.17	72.03	81.06	-58.86 (+22.20~-139.92)	- 81.7 (+ 30.8~-194.3)	112.5	× ○ ○
	10	9.54	9.80	80.80	- 0.26 (+80.54~-81.06)	- 2.7 (+821.8~-827.1)	824.5	× × ×
	10	6.89	21.06	80.97	-14.17 (+66.80~-95.14)	- 67.3 (+317.2~-451.8)	384.4	× × ×

* 95%信頼度 95% confidence coefficient.

** 90, 80, 70%信頼度で有意○, 有意でない×. Significant ○, non-significant × at the 90, 80 and 70% c.c.

林況変化, とくに伏採が溪川流出に及ぼす影響 (II) (中野・菊谷)

Table 7. (つづき) (Continued)

(1) 年 Year	(2) 月 Month	(3) 実測値 Observed value Q l/s	(4) 推定値 Estimate $\hat{Q}$ l/s	(5) 推定値の 変動量* Variation of estimate $\hat{Q}_{SE}$ l/s	(6) 実測値と推定値の差(範囲) Difference (range) between observed value and estimate $\Delta Q = Q - \hat{Q}$ l/s	(7) 推定値に対する差の割合(範囲) Proportion (range) of difference to estimate $\Delta Q / \hat{Q}$ %	(8) 推定値に対する 変動量の割合 Proportion of variation to estimate $\hat{Q}_{SE} / \hat{Q}$ %	(9) 備考 Remarks 90 % ** 80 70
1946	10	288.33	155.17	95.63	+133.16 (+228.79 ~ +37.53)	+ 85.8 (+147.4 ~ + 24.2)	61.6	○ ○ ○
	10	13.64	19.68	80.82	- 6.04 (+74.78 ~ -86.86)	- 30.7 (+379.9 ~ -441.4)	410.7	× × ×
	10	5.93	12.19	81.36	- 6.26 (+75.10 ~ -87.62)	- 51.4 (+616.1 ~ -718.8)	667.4	× × ×
	1	2.31	10.78	80.74	- 8.47 (+72.27 ~ -89.21)	- 78.6 (+670.4 ~ -827.6)	748.9	× × ×
	3	18.32	35.92	80.80	-17.60 (+63.20 ~ -98.40)	- 49.0 (+175.9 ~ -273.9)	224.9	× × ×
	4	10.06	8.71	80.76	+ 1.35 (+82.11 ~ -79.41)	+ 15.5 (+942.7 ~ -911.7)	927.2	× × ×
	4	148.36	83.09	80.98	+65.27 (+146.25 ~ -15.71)	+ 78.6 (+176.0 ~ - 18.9)	97.5	× ○ ○
	5	398.43	165.65	81.97	+232.78 (+314.75 ~ +150.81)	+140.5 (+190.0 ~ + 81.0)	49.5	○ ○ ○
	5	53.30	58.97	81.25	- 5.67 (+75.58 ~ - 86.92)	- 9.6 (+128.2 ~ -147.4)	137.8	× × ×
	6	3.28	23.17	80.74	-19.89 (+60.85 ~ -100.63)	- 85.8 (+262.6 ~ -434.3)	348.5	× × ×
	6	19.66	43.68	80.84	-24.02 (+56.82 ~ -104.86)	- 55.0 (+130.1 ~ -240.1)	185.1	× × ×
	6	51.47	126.94	81.39	-75.47 (+ 5.92 ~ -156.86)	- 59.5 (+ 4.7 ~ -123.6)	64.1	○ ○ ○
	7	30.67	54.95	81.21	-24.28 (+56.93 ~ -105.49)	- 44.2 (+103.6 ~ -192.0)	147.8	× × ×
	7	402.05	181.77	82.42	+220.28 (+302.70 ~ +137.86)	+121.2 (+166.5 ~ + 75.8)	45.3	○ ○ ○
	8	3.23	81.33	88.23	-78.10 (+10.13 ~ -166.33)	- 96.0 (+ 12.5 ~ - 204.5)	108.5	○ ○ ○
	9	12.48	71.31	80.89	-58.83 (+22.06 ~ -139.72)	- 82.5 (+ 30.9 ~ -195.9)	113.4	× ○ ○
	9	0.19	4.49	82.11	- 4.30 (+77.81 ~ - 86.41)	- 95.8 (+1732.9 ~ -1924.5)	1828.7	× × ×
	9	15.04	61.77	81.94	-46.73 (+35.21 ~ -128.67)	- 75.7 (+ 57.0 ~ - 208.3)	132.7	× × ○
	10	0.74	12.94	80.75	-12.20 (+68.55 ~ - 92.95)	- 94.3 (+529.8 ~ -718.3)	624.0	× × ×
	10	0.51	23.45	80.69	-22.94 (+57.75 ~ -103.63)	- 97.8 (+246.3 ~ -441.9)	344.1	× × ×
1947	10	135.21	123.20	81.32	+12.01 (+93.33 ~ - 69.31)	+ 9.7 (+ 75.8 ~ - 56.3)	66.0	× × ×
	11	11.42	31.86	80.75	-20.44 (+70.31 ~ -101.19)	- 64.2 (+220.7 ~ -317.6)	253.5	× × ×
	12	16.08	8.46	80.75	+ 7.62 (+88.37 ~ - 73.13)	+ 90.1 (+1044.6 ~ -864.4)	954.5	× × ×
	12	10.55	25.11	80.75	-14.56 (+66.19 ~ - 95.31)	- 58.0 (+263.6 ~ -379.6)	321.6	× × ×
	1	23.87	17.92	80.73	+ 5.95 (+86.68 ~ - 74.78)	+ 33.2 (+483.7 ~ -417.3)	450.5	× × ×
	1	12.40	7.01	80.74	+ 5.39 (+86.13 ~ - 75.35)	+ 76.9 (+1228.7 ~ -1074.9)	1151.8	× × ×
	3	9.83	13.66	80.73	- 3.83 (+76.90 ~ - 84.56)	- 28.0 (+562.9 ~ -619.0)	591.0	× × ×
	4	49.95	50.95	80.93	- 1.00 (+79.93 ~ - 81.93)	- 2.0 (+156.9 ~ -160.8)	158.8	× × ×
	5	85.80	154.07	82.40	-68.27 (+14.13 ~ -150.67)	- 44.3 (+ 9.2 ~ - 97.8)	53.5	× ○ ○

1948	5	19.05	16.33	80.73	+ 2.72(+ 83.45~- 78.01)	+ 16.7(+ 511.0~- 477.7)	494.4	×	×	×
	6	1.29	3.05	80.76	- 1.76(+ 79.00~- 82.52)	- 57.7(+ 2590.2~- 2705.6)	2647.9	×	×	×
	6	40.33	64.57	81.11	- 24.24(+ 56.87~- 105.35)	- 37.5(+ 88.1~- 163.2)	125.6	×	×	×
	6	21.94	43.68	81.30	- 21.74(+ 59.56~- 103.04)	- 49.8(+ 136.4~- 235.9)	186.1	×	×	×
	7	330.44	157.65	80.80	+ 172.79(+ 253.59~+ 91.99)	+ 109.6(+ 160.9~+ 58.4)	51.3	○	○	○
	7	75.05	111.98	82.43	- 36.93(+ 45.50~- 119.36)	- 32.9(+ 40.6~- 106.6)	73.6	×	×	×
	8	11.63	5.66	80.73	+ 5.97(+ 86.70~- 74.76)	+ 105.5(+ 1531.8~- 1320.8)	1426.3	×	×	×
	8	6.62	15.20	81.46	- 8.58(+ 72.88~- 90.04)	- 56.4(+ 479.5~- 592.4)	535.9	×	×	×
	9	5.06	19.57	81.53	- 14.51(+ 67.02~- 96.04)	- 74.1(+ 342.5~- 490.8)	416.6	×	×	×
	9	8.62	34.38	82.01	- 25.76(+ 56.25~- 107.77)	- 74.9(+ 159.0~- 313.5)	238.5	×	×	×
	9	1.50	19.10	80.71	- 17.60(+ 63.11~- 98.31)	- 92.1(+ 330.4~- 514.7)	422.6	×	×	×
	10	5.17	7.47	80.76	- 2.30(+ 78.46~- 83.06)	- 30.8(+ 1050.3~- 1111.9)	1081.1	×	×	×
	10	2.93	8.85	80.70	- 5.92(+ 74.78~- 86.62)	- 66.9(+ 844.9~- 978.8)	911.9	×	×	×
	12	16.21	1.51	80.76	+ 14.70(+ 95.46~- 66.06)	+ 973.5(+ 6321.9~- 4374.8)	5348.3	×	×	×
	2	6.53	3.21	80.76	+ 3.32(+ 84.08~- 77.44)	+ 103.4(+ 2619.3~- 2412.5)	2515.9	×	×	×
	3	18.93	18.65	80.70	+ 0.28(+ 80.98~- 80.42)	+ 1.5(+ 434.2~- 431.2)	432.7	×	×	×
	3	22.82	76.10	81.28	- 53.28(+ 28.00~- 134.56)	- 70.0(+ 36.8~- 176.8)	106.8	×	○	○
	4	2.81	0.58	80.73	+ 2.23(+ 82.96~- 78.50)	+ 384.5(+ 14303.4~- 13534.5)	13918.9	×	×	×
	4	22.28	19.66	80.70	+ 2.62(+ 83.32~- 78.08)	+ 13.3(+ 423.8~- 397.2)	410.5	×	×	×
	4	18.75	41.71	80.80	- 22.96(+ 57.84~- 103.76)	- 55.0(+ 138.7~- 248.8)	193.7	×	×	×
	5	27.18	43.95	80.73	- 16.77(+ 63.96~- 97.50)	- 38.2(+ 145.5~- 221.8)	183.7	×	×	×
	6	0.91	8.81	81.13	- 7.90(+ 73.23~- 89.03)	- 89.7(+ 831.2~- 1010.6)	920.9	×	×	×
	6	0.80	2.76	80.76	- 1.96(+ 78.80~- 82.72)	- 71.0(+ 2855.1~- 2997.1)	2926.1	×	×	×
	6	1.96	26.97	80.75	- 25.01(+ 55.74~- 105.76)	- 92.7(+ 206.7~- 392.1)	299.4	×	×	×
	7	1.31	8.28	80.73	- 6.97(+ 73.76~- 87.70)	- 84.2(+ 890.8~- 1059.2)	975.0	×	×	×
	7	140.75	207.09	86.89	- 66.34(+ 20.55~- 153.23)	- 32.0(+ 9.9~- 74.0)	42.0	×	○	○
	7	2.08	3.10	81.19	- 1.02(+ 80.17~- 82.21)	- 32.9(+ 2586.1~- 2651.9)	2619.0	×	×	×
	7	14.14	78.21	81.69	- 64.07(+ 17.62~- 145.76)	- 81.9(+ 22.5~- 186.4)	104.4	×	○	○
	8	1.96	7.22	81.30	- 5.26(+ 76.04~- 86.56)	- 72.9(+ 1053.2~- 1198.9)	1126.0	×	×	×
	8	15.31	128.46	81.28	- 113.15(- 31.87~- 194.43)	- 88.1(- 24.8~- 151.4)	63.3	○	○	○
	9	159.70	168.89	82.00	- 9.19(+ 72.81~- 91.19)	- 5.4(+ 43.1~- 54.0)	48.6	×	×	×
	9	1.98	10.73	80.82	- 8.75(+ 72.07~- 89.57)	- 81.5(+ 671.7~- 834.8)	753.2	×	×	×
	9	151.53	89.71	81.07	+ 61.82(+ 142.89~- 19.25)	+ 68.9(+ 159.3~- 21.5)	90.4	×	○	○
	10	509.76	204.50	82.62	+ 305.26(+ 387.88~+ 222.64)	+ 149.3(+ 189.7~+ 108.9)	40.4	○	○	○
	11	21.30	54.75	80.94	- 33.45(+ 47.49~- 114.39)	- 61.1(+ 86.7~- 208.9)	147.8	×	×	×
	11	40.74	40.49	80.78	+ 0.25(+ 81.03~- 80.53)	+ 0.6(+ 200.1~- 198.9)	199.5	×	×	×
	12	14.89	8.70	80.73	+ 6.19(+ 86.92~- 74.54)	+ 71.1(+ 999.1~- 856.8)	927.9	×	×	×

Table 7. (つづき) (Continued)

(1) 年 Year	(2) 月 Month	(3) 実測値 Observed value Q l/s	(4) 推定値 Estimate $\hat{Q}$ l/s	(5) 推定値の 変動量* Variation of estimate $\hat{Q}_{SE}$ l/s	(6) 実測値と推定値の差(範囲) Difference (range) between observed value and estimate $\Delta Q = Q - \hat{Q}$ l/s	(7) 推定値に対する差の割合(範囲) Proportion (range) of difference to estimate $\Delta Q / \hat{Q}$ %	(8) 推定値に対する 変動量の割合 Proportion of variation to estimate $\hat{Q}_{SE} / \hat{Q}$ %	(9) 備考 Remarks 90 % ** 80 70
1949	2	11.92	14.88	80.74	- 2.96(+ 77.78~- 83.70)	- 19.9 (+522.7~-562.5)	542.6	× × ×
	3	125.32	107.72	81.29	+ 17.60(+ 98.89~- 63.69)	+ 16.3 (+ 91.8~- 59.1)	75.5	× × ×
	5	7.34	10.51	80.99	- 3.17(+ 77.82~- 84.16)	- 30.2 (+740.4~-800.8)	770.6	× × ×
	5	6.86	16.33	80.72	- 9.47(+ 71.25~- 90.19)	- 58.0 (+436.3~-552.3)	494.3	× × ×
	5	35.29	64.51	80.99	- 29.22(+ 51.77~-110.21)	- 45.3 (+ 80.3~-170.8)	125.5	× × ×
	6	79.50	84.94	81.14	- 5.44(+ 75.70~- 86.58)	- 6.4 (+ 89.1~-101.9)	95.5	× × ×
	6	435.03	238.60	83.32	+196.43(+279.75~+113.11)	+ 82.3 (+117.2~+ 47.4)	34.9	○ ○ ○
	6	7.83	31.26	80.74	- 23.43(+ 57.31~-104.17)	- 75.0 (+183.3~-333.2)	258.3	× × ×
	7	149.41	88.16	80.99	+ 61.25(+142.24~- 19.74)	+ 69.5 (+161.3~- 22.4)	91.9	× ○ ○
	7	546.62	215.71	84.54	+330.91(+415.45~+246.37)	+153.4 (+192.6~+114.2)	39.2	○ ○ ○
	8	4.03	53.51	80.88	-49.48 (+31.40~-130.36)	- 92.5(+ 58.7~- 243.6)	151.1	× × ○
	8	5.01	10.16	80.91	- 5.15 (+75.76~- 86.06)	- 50.7(+ 745.7~- 847.0)	796.4	× × ×
	9	0.49	1.86	80.72	- 1.37 (+79.35~- 82.09)	- 73.7(+4266.1~-4413.4)	4339.8	× × ×
	9	40.00	94.97	80.96	-54.97 (+25.99~-135.93)	- 54.7(+ 27.4~- 143.1)	85.2	× ○ ○
	9	218.12	227.94	85.03	- 9.82 (+75.21~- 94.85)	- 4.3(+ 33.0~- 41.6)	37.3	× × ×
	10	60.71	123.13	81.64	-62.42 (+19.22~-144.06)	- 50.7(+ 15.6~- 117.0)	66.3	× ○ ○
	11	2.19	2.85	80.71	- 0.66 (+80.05~- 81.37)	- 23.2(+2808.8~-2855.1)	2831.9	× × ×
	12	4.17	12.25	80.70	- 8.08 (+72.62~- 88.78)	- 66.0(+ 592.8~- 724.7)	658.8	× × ×
	12	28.88	71.86	81.11	-42.98 (+38.13~-124.09)	- 59.8(+ 53.1~- 172.7)	112.9	× × ○
1950	1	26.74	20.36	80.77	+ 6.38(+ 87.15~- 74.39)	+ 31.3(+ 428.0~- 365.4)	396.7	× × ×
	1	44.75	30.86	80.75	+13.89(+ 94.64~- 66.86)	+ 45.0(+ 306.7~- 216.7)	261.7	× × ×
	1	155.22	67.06	80.88	+88.16(+169.04~+ 7.28)	+131.5(+ 252.1~+ 10.9)	120.6	○ ○ ○
	2	38.92	33.84	80.83	+ 5.08(+ 85.91~- 75.75)	+ 15.0(+ 253.9~- 223.8)	238.9	× × ×
	3	63.33	43.99	80.85	+19.34(+100.19~- 61.51)	+ 44.0(+ 227.8~- 139.8)	183.8	× × ×
	3	183.15	170.46	82.99	+12.69(+ 95.68~- 70.30)	+ 7.4(+ 56.1~- 41.2)	48.7	× × ×
	4	24.50	70.77	81.04	-46.27(+ 34.77~-127.31)	- 65.4(+ 49.1~- 179.9)	114.5	× × ○
	5	6.88	11.04	80.73	- 4.16(+ 76.57~- 84.89)	- 37.7(+ 693.6~- 768.9)	37.7	× × ×
	5	6.92	16.28	80.72	- 9.36(+ 71.36~- 90.08)	- 57.5(+ 438.3~- 553.3)	495.8	× × ×
	5	13.91	36.79	80.74	-22.88(+ 57.86~-103.62)	- 62.2(+ 157.3~- 281.7)	219.5	× × ×

6	1.36	3.45	80.73	- 2.09 (+78.64~- 82.82)	- 60.6(+2279.4~-2400.6)	2340.0	×	×	×
6	43.82	118.36	81.27	-74.54 (+ 6.73~-155.81)	- 63.0(+ 5.7~- 131.6)	68.7	○	○	○
6	70.70	65.90	80.79	+ 4.80 (+85.59~- 75.99)	+ 7.3(+129.9~- 115.3)	122.6	×	×	×
7	5.54	21.87	81.39	-16.33 (+65.06~- 97.72)	- 74.7(+ 297.5~- 446.8)	74.7	×	×	×
7	6.22	34.43	81.17	-28.21 (+52.96~-109.38)	- 81.9(+ 153.8~- 317.7)	235.8	×	×	×
8	15.56	88.13	81.10	-72.57 (+ 8.53~-153.67)	- 82.3(+ 9.7~- 174.4)	92.0	○	○	○
8	0.54	9.55	82.28	- 9.01 (+73.27~- 91.29)	- 94.3(+ 767.2~- 955.9)	861.6	×	×	×
8	9.12	61.02	81.03	-51.90 (+29.13~-132.93)	- 85.1(+ 47.7~- 217.8)	132.8	×	×	○
9	20.12	77.86	80.93	-57.74 (+23.19~-138.67)	- 74.2(+ 29.8~- 178.1)	103.9	×	○	○
9	3.21	27.07	81.35	-23.86 (+57.49~-105.21)	- 88.1(+ 212.4~- 388.7)	300.5	×	×	×
9	2.44	1.11	80.74	+ 1.33 (+82.07~- 79.41)	+119.8(+7393.7~-7154.1)	7273.9	×	×	×
9	64.76	71.29	82.80	- 6.53 (+76.27~- 89.33)	- 9.2(+ 106.9~- 125.3)	116.1	×	×	×
9	23.60	63.52	83.22	-39.92 (+43.30~-123.14)	- 62.8(+ 68.2~- 193.9)	131.0	×	×	×
9	1.93	12.26	81.33	-10.33 (+71.00~- 91.66)	- 84.3(+ 579.1~- 747.6)	663.4	×	×	×
9	2.69	1.36	80.75	+ 1.33 (+82.08~- 79.42)	+ 97.8(+6035.3~-5839.7)	5939.5	×	×	×
10	5.54	13.14	80.78	- 7.60 (+73.18~- 88.38)	- 57.8(+ 556.9~- 672.6)	614.8	×	×	×
10	13.55	36.36	80.79	-22.81 (+57.98~-103.61)	- 62.7(+ 159.5~- 285.0)	222.2	×	×	×
11	39.97	30.25	80.74	+ 9.72 (+90.46~- 71.02)	+ 32.1(+ 299.0~- 234.8)	266.9	×	×	×
11	25.11	19.67	80.71	+ 5.44 (+86.15~- 75.27)	+ 27.7(+ 438.0~- 382.7)	410.3	×	×	×
11	10.90	6.02	80.76	+ 4.88 (+85.64~- 75.88)	+ 81.1(+1422.6~-1260.5)	1341.5	×	×	×
12	3.56	0.52	80.75	+ 3.04 (+83.79~- 77.71)	+584.6(+16113.5~-14944.2)	15528.8	×	×	×
1	7.66	11.41	80.78	- 3.75 (+77.03~- 84.53)	- 32.9(+ 675.1~- 740.8)	707.9	×	×	×
2	29.22	65.10	80.87	- 35.88(+44.99~-116.75)	- 55.1(+ 69.1~- 179.3)	124.2	×	×	×
4	53.97	201.19	83.79	-147.22(-63.43~-231.01)	- 73.2(- 31.5~- 114.8)	41.6	○	○	○
4	4.78	9.48	80.75	- 4.70(+75.06~- 85.45)	- 49.6(+ 802.2~- 901.4)	851.8	×	×	×
5	40.72	37.89	80.80	+ 2.83(+83.63~- 77.97)	+ 7.5(+ 220.7~- 205.8)	213.2	×	×	×
5	10.99	20.75	80.74	- 9.76 (+70.98~- 90.50)	- 47.0(+ 342.1~- 436.1)	389.1	×	×	×
5	4.78	14.16	80.89	- 9.38 (+71.51~- 90.27)	- 66.2(+ 505.0~- 637.5)	571.3	×	×	×
5	51.11	100.36	81.40	-49.25 (+32.15~-130.65)	- 49.1(+ 32.0~- 130.2)	81.1	×	×	○
6	2.52	28.43	80.78	-25.91 (+54.87~-106.69)	- 91.1(+ 193.0~- 375.3)	284.1	×	×	×
6	2.22	5.34	80.70	- 3.12 (+77.58~- 83.82)	- 58.4(+1452.8~-1569.7)	1511.2	×	×	×
7	167.73	105.95	81.08	+61.78(+142.86~- 19.30)	+ 58.3(+ 134.8~- 18.2)	76.5	×	○	○
7	345.51	453.87	93.42	-108.36(- 14.94~-201.78)	- 23.9(- 3.3~- 44.5)	20.6	○	○	○
9	1.21	0.79	80.73	+ 0.42(+ 81.15~- 80.31)	+ 53.2(+10272.2~-10165.8)	10218.9	×	×	×
9	25.69	93.28	81.78	-67.59(+ 14.19~-149.37)	- 72.5(+ 15.2~- 160.1)	87.7	×	○	○
9	1.53	9.07	80.73	- 7.54(+ 73.19~- 88.27)	- 83.1(+ 806.9~- 973.2)	890.1	×	×	×
9	4.83	7.38	80.82	- 2.55 (+78.27~- 83.37)	- 34.6(+1060.6~-1129.7)	1095.1	×	×	×
10	28.02	92.87	81.05	-64.85 (+16.20~-145.90)	- 69.8(+ 17.4~- 157.1)	87.3	×	○	○
11	6.22	23.57	80.69	-17.35 (+63.34~- 98.04)	- 73.6(+ 268.7~- 415.9)	342.3	×	×	×
11	19.35	21.11	80.74	- 1.76 (+78.98~- 82.50)	- 8.3(+ 374.1~- 390.8)	382.5	×	×	×
12	7.12	0.47	80.76	+ 6.65 (+87.41~- 74.11)	+1414.9(+18597.9~-15768.1)	17183.0	×	×	×

1951

Table 7. (つづき) (Continued)

(1) 年 Year	(2) 月 Month	(3) 実測値 Observed value	(4) 推定値 Estimate	(5) 推定値の 変動量* Variation of estimate	(6) 実測値と推定値の差(範囲) Difference (range) between observed value and estimate	(7) 推定値に対する差の割合(範囲) Proportion (range) of difference to estimate	(8) 推定値に対する 変動量の割合 Proportion of variation to estimate	(9) 備考 Remarks		
		Q l/s	$\hat{Q}$ l/s	$\hat{Q}_{SE}$ l/s	$\Delta Q = Q - \hat{Q}$ l/s	$\Delta Q / \hat{Q}$ %	$\hat{Q}_{SE} / \hat{Q}$ %	90	% 80	** 70
1952	1	57.20	61.20	81.14	- 4.00 (+77.14~- 85.14)	- 6.5(+ 126.0~- 139.1)	132.6	×	×	×
	2	37.78	33.47	80.82	+ 4.31 (+85.13~- 76.51)	+ 12.9(+ 254.3~- 228.6)	241.5	×	×	×
	3	51.20	88.13	81.20	-36.93 (+44.27~-118.13)	- 41.9(+ 50.2~- 134.0)	92.1	×	×	×
	3	25.48	17.31	80.70	+ 8.17 (+88.87~- 72.53)	+ 47.2(+ 513.4~- 419.0)	466.2	×	×	×
	3	24.86	15.85	80.72	+ 9.01 (+89.73~- 71.71)	+ 56.8(+ 566.1~- 452.4)	509.3	×	×	×
	4	38.25	27.18	80.76	+11.07 (+91.83~- 69.69)	+ 40.7(+ 337.9~- 256.4)	297.1	×	×	×
	4	7.17	11.42	80.73	- 4.25 (+76.48~- 84.98)	- 37.2(+ 669.7~- 744.1)	706.9	×	×	×
	4	55.27	41.25	80.76	+14.02 (+94.78~- 66.74)	+ 34.0(+ 229.8~- 161.8)	195.8	×	×	×
	4	21.65	16.26	80.72	+ 5.39 (+86.11~- 75.33)	+ 33.1(+ 529.6~- 463.3)	496.4	×	×	×
	4	38.59	37.71	80.86	+ 0.88 (+81.74~- 79.98)	+ 2.3(+ 216.8~- 212.1)	214.4	×	×	×
	5	35.97	30.44	80.79	+ 5.53 (+86.32~- 75.26)	+ 18.2(+ 283.6~- 247.2)	265.4	×	×	×
	5	2.25	7.78	80.72	- 5.53(+ 75.19~- 86.25)	- 71.1(+ 966.5~-1108.6)	1037.5	×	×	×
	5	1.13	2.40	80.83	- 1.27(+ 79.56~- 82.10)	- 52.9(+3315.0~-3420.8)	3367.9	×	×	×
	5	16.13	22.78	80.80	- 6.65(+ 74.15~- 87.45)	- 29.2(+ 325.5~- 383.9)	354.7	×	×	×
	6	157.35	121.95	81.63	+35.40(+117.03~- 46.23)	+ 29.0(+ 96.0~- 37.9)	66.9	×	×	×
	7	377.36	262.84	83.66	+114.52(+198.18~+ 30.86)	+ 43.6(+ 75.4~+ 11.7)	31.8	○	○	○
	7	381.09	210.72	82.92	+170.37(+253.29~+ 87.45)	+ 80.9(+ 120.2~+ 41.5)	39.4	○	○	○
	7	97.16	93.86	86.55	+ 3.30(+ 89.85~- 83.25)	+ 3.5(+ 95.7~- 88.7)	92.2	×	×	×
	7	152.80	105.46	81.22	+ 47.34(+128.56~- 33.88)	+ 44.9(+ 121.9~- 32.1)	77.0	×	×	○
	8	4.30	30.14	81.69	- 26.84(+ 54.85~-108.53)	- 89.1(+ 182.0~- 360.1)	271.0	×	×	×
	8	136.93	101.32	80.98	+35.61(+116.59~- 45.37)	+ 35.1(+ 115.1~- 44.8)	80.9	×	×	×
	9	2.88	12.70	81.06	- 9.82(+ 71.24~- 90.88)	- 77.3(+ 560.9~- 715.6)	638.3	×	×	×
	9	68.36	170.72	82.01	-102.36(-20.35~-184.37)	- 60.0(- 11.9~- 108.0)	48.0	○	○	○
	10	5.61	29.11	80.75	- 23.50(+57.25~-104.25)	- 80.7(+ 196.7~- 358.1)	277.4	×	×	×
	11	18.79	60.69	81.05	- 41.90(+39.15~-122.95)	- 69.0(+ 64.5~- 202.6)	133.5	×	×	×
1953	2	8.11	19.52	80.77	-11.41 (+69.36~- 92.18)	- 58.5(+ 355.3~- 472.2)	413.8	×	×	×
	3	10.38	26.13	80.70	-15.75 (+64.95~- 96.45)	- 60.3(+ 248.6~- 369.1)	308.8	×	×	×
	3	18.12	19.97	81.12	- 1.85 (+79.29~- 82.97)	- 9.3(+ 397.0~- 415.5)	406.2	×	×	×
	4	2.22	2.32	80.75	- 0.10 (+80.65~- 80.85)	- 4.3(+3476.3~-3484.9)	3480.6	×	×	×
	4	3.98	0.27	80.73	+ 3.71 (+84.44~- 77.02)	+1374.1(+31274.1~-28525.9)	29900.0	×	×	×

1954	5	55.45	87.61	81.09	- 32.16(+ 48.93~-113.25)	- 36.7(+ 55.8~- 129.3)	92.6	×	×	×
	5	264.38	118.19	81.37	+146.19(+227.56~+ 64.82)	+123.7(+ 192.5~+ 54.8)	68.8	×	×	×
	6	650.41	402.10	89.03	+248.31(+337.34~+159.28)	+ 61.8(+ 83.9~+ 39.6)	22.1	×	×	×
	6	4.31	4.23	80.96	+ 0.08(+ 81.04~- 80.88)	+ 1.9(+1915.8~-1912.1)	1913.9	×	×	×
	6	4.87	27.84	80.90	- 22.97(+ 57.93~-103.87)	- 82.5(+ 208.1~- 373.1)	290.6	×	×	×
	6	108.58	158.10	81.61	- 49.52(+ 32.09~-131.13)	- 31.3(+ 20.3~- 82.9)	51.6	×	×	○
	1	6.98	27.74	80.78	- 20.76(+ 60.02~-101.54)	- 74.8(+ 216.4~- 366.0)	291.2	×	×	×
	3	17.07	44.77	80.76	- 27.70(+ 53.06~-108.46)	- 61.9(+ 118.5~- 242.2)	180.4	×	×	×
	4	5.90	8.67	80.73	- 2.77(+ 77.96~- 83.50)	- 31.9(+ 899.2~- 963.1)	931.1	×	×	×
	4	94.03	63.12	80.86	+ 30.91(+111.77~- 49.95)	+ 49.0(+ 177.1~- 79.1)	128.1	×	×	×
	5	69.15	92.56	81.12	- 23.41(+ 57.71~-104.53)	- 25.3(+ 62.3~- 112.9)	87.6	×	×	×
	5	11.72	48.82	80.79	- 37.10(+ 43.69~-117.89)	- 76.0(+ 89.5~- 241.5)	165.5	×	×	×
	5	39.79	76.59	80.96	- 36.80(+ 44.16~-117.76)	- 47.0(+ 57.7~- 153.8)	105.7	×	×	×
	6	25.06	31.92	80.75	- 6.86(+ 73.89~- 87.61)	- 21.5(+ 231.5~- 274.5)	252.9	×	×	×
	6	113.64	169.62	82.05	- 55.98(+ 26.07~-138.03)	- 33.0(+ 15.4~- 81.4)	48.4	×	○	○
	7	568.32	753.51	109.41	-185.19(- 75.78~-294.60)	- 24.6(- 10.1~- 39.1)	14.5	○	○	○
	7	7.04	45.22	81.15	- 38.18(+ 42.97~-119.33)	- 84.4(+ 95.0~- 263.9)	179.5	×	×	×
	8	1.92	0.83	81.11	+ 1.09(+ 82.20~- 80.02)	+131.3(+9903.6~-9641.0)	9772.3	×	×	×
	8	24.22	60.48	80.95	- 36.26(+ 44.69~-117.21)	- 60.0(+ 73.9~- 193.8)	133.8	×	×	×
	8	4.05	18.81	81.44	- 14.76(+ 66.68~- 96.20)	- 75.8(+ 354.5~- 511.4)	433.0	×	×	×
	8	214.59	169.78	85.98	+ 44.81(+130.79~- 41.17)	+ 26.4(+ 77.0~- 24.2)	50.6	×	×	×
	9	17.17	25.56	80.71	- 8.39(+ 72.32~- 89.10)	- 32.8(+ 282.8~- 348.6)	315.8	×	×	×
	9	2.95	6.51	80.72	- 3.56(+ 77.16~- 84.28)	- 54.7(+1185.3~-1294.6)	1239.9	×	×	×
	9	51.89	162.71	82.14	-110.82(- 28.68~-192.96)	- 68.1(- 17.6~- 118.6)	50.5	○	○	○
	11	19.38	61.86	80.96	- 42.48(+ 38.48~-123.44)	- 68.7(+ 62.2~- 199.5)	130.9	×	×	×
	12	33.89	31.64	80.75	+ 2.25(+ 83.00~- 78.50)	+ 7.1(+ 262.3~- 248.1)	255.2	×	×	×
1955	2	78.47	37.23	80.75	+ 41.24(+121.99~- 39.51)	+110.8(+ 327.7~- 106.1)	216.9	×	×	×
	3	15.98	8.39	80.73	+ 7.59(+ 88.32~- 73.14)	+ 90.5(+1052.7~- 871.8)	962.2	×	×	×
	3	16.94	79.60	81.33	- 62.66(+ 18.67~-143.99)	- 78.7(+ 23.5~- 180.9)	102.2	×	○	○
	4	136.55	138.55	81.53	- 2.00(+ 79.53~- 83.53)	- 1.4(+ 57.4~- 60.3)	58.8	×	×	×
	5	85.53	50.40	80.88	+ 35.13(+116.01~- 45.75)	+ 69.7(+ 230.2~- 90.8)	160.5	×	×	×
	5	20.08	38.98	81.00	- 18.90(+ 62.10~- 99.90)	- 48.5(+ 159.3~- 256.3)	207.8	×	×	×
	5	26.38	87.13	83.39	- 60.75(+ 22.64~-144.14)	- 69.7(+ 26.0~- 165.4)	95.7	×	○	○
	6	141.59	134.40	81.29	+ 7.19(+ 88.48~- 74.10)	+ 5.3(+ 65.8~- 55.1)	60.5	×	×	×
	7	151.42	185.19	82.33	- 33.77(+ 48.56~-116.10)	- 18.2(+ 26.2~- 62.7)	44.5	×	×	×
	7	1.06	22.54	80.73	- 21.48(+ 59.25~-102.21)	- 95.3(+ 262.9~- 453.5)	358.2	×	×	×
	8	1.48	5.13	81.41	- 3.65(+ 77.76~- 85.06)	- 71.2(+1515.8~-1658.1)	1586.9	×	×	×
	8	48.72	139.63	86.03	- 90.91(- 4.88~-176.94)	- 65.1(- 3.5~- 126.7)	61.6	○	○	○
	9	7.85	32.01	81.36	- 24.16(+ 57.20~-105.52)	- 75.5(+ 178.7~- 329.6)	254.2	×	×	×
	9	0.52	2.65	80.94	- 2.13(+ 78.81~- 83.07)	- 80.3(+2974.0~-3134.7)	3054.3	×	×	×
	9	1.83	36.53	80.76	- 34.79(+ 46.06~-115.46)	- 95.0(+ 126.1~- 316.1)	221.1	×	×	×

Table 7. (つづき) (Continued)

(1) 年 Year	(2) 月 Month	(3) 実測値 Observed value Q l/s	(4) 推定値 Estimate $\hat{Q}$ l/s	(5) 推定値の 変動量* Variation of estimate $\hat{Q}_{SE}$ l/s	(6) 実測値と推定値の差(範囲) Difference (range) between observed value and estimate $\Delta Q = Q - \hat{Q}$ l/s	(7) 推定値に対する差の割合(範囲) Proportion (range) of difference to estimate $\Delta Q / \hat{Q}$ %	(8) 推定値に対する 変動量の割合 Proportion of variation to estimate $\hat{Q}_{SE} / \hat{Q}$ %	(9) 備考 Remarks 90 % ** 80 70
1955	10	0.56	8.79	80.72	- 8.23(+ 72.49~- 88.95)	- 93.6(+ 824.7~-1011.9)	918.3	× × ×
	10	15.37	65.46	80.86	-50.09(+ 30.77~-130.95)	- 76.5(+ 47.0~- 200.0)	123.5	× × ○
	11	2.49	4.51	80.77	- 2.02(+ 78.75~- 82.79)	- 44.8(+1746.1~-1835.7)	1790.9	× × ×
	11	14.60	23.47	80.73	- 8.87(+ 71.86~- 89.60)	- 37.8(+ 306.2~- 381.8)	343.9	× × ×
1956	1	14.62	32.05	80.78	-17.43(+ 63.35~- 98.21)	- 54.4(+ 197.7~- 306.4)	252.0	× × ×
	1	32.74	36.76	80.90	- 4.02(+ 76.88~- 84.92)	- 10.9(+ 209.1~- 231.0)	220.1	× × ×
	3	29.12	19.52	80.79	+ 9.60(+ 90.39~- 71.19)	+ 49.2(+ 463.1~- 364.7)	413.9	× × ×
	3	28.63	126.28	81.81	-97.65(- 15.84~-179.46)	- 77.3(- 12.5~- 142.1)	64.8	○ ○ ○
	4	13.28	26.08	80.75	-12.76(+ 67.99~- 93.51)	- 49.0(+ 260.7~- 358.6)	309.6	× × ×
	5	12.82	24.13	80.75	-11.31(+ 69.44~- 92.06)	- 46.9(+ 287.8~- 381.5)	334.6	× × ×
	5	18.89	21.92	80.82	- 3.03(+ 77.79~- 83.85)	- 13.8(+ 354.9~- 382.5)	368.7	× × ×
	5	42.79	69.88	80.83	-27.09(+ 53.74~-107.92)	- 38.8(+ 76.9~- 154.4)	115.7	× × ×
	6	24.06	20.62	80.72	+ 3.44(+ 84.16~- 77.28)	+ 16.7(+ 408.1~- 374.8)	391.5	× × ×
	6	148.97	78.84	80.94	+70.13(+151.07~- 10.81)	+ 89.0(+ 191.6~- 13.7)	102.7	○ ○ ○
	6	2.95	5.46	81.34	- 2.51(+ 78.83~- 83.85)	- 46.0(+1443.8~-1535.7)	1489.7	× × ×
	6	12.29	31.24	81.06	-18.95(+ 62.11~- 99.61)	- 60.7(+ 198.8~- 318.9)	259.5	× × ×
	6	88.80	153.18	81.73	-64.38(+ 17.35~-146.11)	+ 42.0(+ 11.3~- 95.4)	53.4	× ○ ○
	8	2.52	15.60	81.18	-13.08(+ 68.10~- 94.26)	- 83.8(+ 436.5~- 604.2)	520.4	× × ×
	8	0.86	5.45	80.78	- 4.59(+ 76.19~- 85.37)	- 84.2(+1398.0~-1566.4)	1482.2	× × ×
	8	6.63	54.81	80.74	-48.18(+ 32.56~-128.92)	- 87.9(+ 59.4~- 235.2)	147.3	× × ○
	8	18.48	94.86	81.36	-76.38(+ 4.98~-157.74)	- 80.5(+ 5.2~- 166.3)	85.8	○ ○ ○
	9	3.93	15.34	80.80	-11.41(+ 69.39~- 92.21)	- 73.4(+ 452.3~- 601.1)	526.7	× × ×
	9	7.39	42.01	80.78	-34.62(+ 46.16~-115.40)	- 82.4(+ 109.9~- 274.7)	192.3	× × ×
	9	127.36	149.23	82.04	-21.87(+ 60.17~-103.91)	- 14.7(+ 40.3~- 69.6)	55.0	× × ×
	10	20.99	26.44	80.74	- 5.45(+ 75.29~- 86.19)	- 20.6(+ 284.8~- 326.0)	305.4	× × ×
	10	6.42	21.36	80.70	-14.94(+ 65.76~- 95.64)	- 69.9(+ 307.9~- 447.8)	377.8	× × ×
	11	22.13	37.98	80.75	-15.85(+ 64.90~- 96.60)	- 41.7(+ 170.9~- 254.3)	212.6	× × ×

1957	1	2.17	11.17	80.70	- 9.00(+ 71.70~- 89.70)	- 80.6(+ 641.9~- 803.0)	722.5	×	×	×
	2	31.32	70.47	80.91	- 39.15(+ 41.76~- 120.06)	- 55.6(+ 59.3~- 170.4)	114.8	×	×	×
	3	6.92	7.94	80.70	- 1.02(+ 79.68~- 81.72)	- 12.8(+ 1003.5~- 1029.2)	1016.4	×	×	×
	4	37.04	196.52	83.01	- 159.48(- 76.47~- 242.49)	- 81.2(- 38.9~- 123.4)	42.2	○	○	○
	5	9.16	6.94	80.74	+ 2.22(+ 82.96~- 78.52)	+ 32.0(+ 1195.4~- 1131.4)	1163.4	×	×	×
	5	23.16	69.69	80.98	- 46.53(+ 34.45~- 127.51)	- 66.8(+ 49.4~- 183.0)	116.2	×	×	○
	6	146.56	165.51	81.78	- 18.95(+ 62.83~- 100.73)	- 11.4(+ 38.0~- 60.9)	49.4	×	×	×
	7	76.57	255.44	83.92	- 178.87(- 94.95~- 262.79)	- 70.0(- 37.2~- 102.9)	32.9	○	○	○
	7	244.10	106.79	81.48	+ 137.31(+ 218.79~+ 55.83)	+ 128.6(+ 204.9~+ 52.3)	76.3	○	○	○
	7	7.27	3.02	80.75	+ 4.25(+ 85.00~- 76.50)	+ 140.7(+ 2814.6~- 2533.1)	2673.8	×	×	×
	8	235.96	161.22	82.12	+ 74.74(+ 156.86~- 7.38)	+ 46.4(+ 97.3~- 4.6)	50.9	○	○	○
	9	7.43	38.84	80.75	- 31.41(+ 49.34~- 112.16)	- 80.9(+ 127.0~- 288.8)	207.9	×	×	×
1958	9	16.83	60.89	81.29	- 44.06(+ 37.23~- 125.35)	- 72.4(+ 61.1~- 205.9)	133.5	×	×	○
	9	70.08	79.36	80.99	- 9.28(+ 71.71~- 90.27)	- 11.7(+ 90.4~- 113.7)	102.1	×	×	×
	9	35.80	82.98	81.22	- 47.18(+ 34.04~- 128.40)	- 56.9(+ 41.0~- 154.7)	97.9	×	×	○
	10	22.98	26.33	80.73	- 3.35(+ 77.38~- 84.08)	- 12.7(+ 293.9~- 319.3)	306.6	×	×	×
	10	1.06	8.35	80.73	- 7.29(+ 73.44~- 88.02)	- 87.3(+ 879.5~- 1054.1)	966.8	×	×	×
	11	2.45	5.58	80.74	- 3.13(+ 77.61~- 83.87)	- 56.1(+ 1390.9~- 1503.0)	1447.0	×	×	×
	12	4.93	3.53	80.85	+ 1.40(+ 82.25~- 79.45)	+ 39.7(+ 2330.0~- 2250.7)	2290.4	×	×	×
	1	6.87	20.55	80.79	- 13.68(+ 67.11~- 94.47)	- 66.6(+ 326.6~- 459.7)	393.1	×	×	×
	2	21.44	71.77	80.98	- 50.33(+ 30.65~- 131.31)	- 70.1(+ 42.7~- 183.0)	112.8	×	×	○
	3	21.76	88.19	81.25	- 66.43(+ 14.82~- 147.68)	- 75.3(+ 16.8~- 167.5)	92.1	×	○	○
	4	29.32	43.73	80.92	- 14.41(+ 66.51~- 95.44)	- 33.0(+ 152.1~- 218.2)	185.0	×	×	×
	4	57.72	119.82	81.28	- 62.10(+ 19.18~- 143.38)	- 51.8(+ 160.1~- 119.7)	67.8	×	○	○
	5	6.91	19.49	80.25	- 12.58(+ 67.67~- 92.83)	- 64.5(+ 347.2~- 476.3)	411.7	×	×	×
	5	19.95	71.80	80.96	- 51.85(+ 29.11~- 132.81)	- 72.2(+ 40.5~- 185.0)	112.8	×	×	○
	5	3.25	21.69	80.72	- 18.44(+ 62.28~- 99.16)	- 85.0(+ 287.1~- 457.2)	372.2	×	×	×
	6	17.88	42.69	80.91	- 24.81(+ 56.10~- 105.72)	- 58.1(+ 131.4~- 247.6)	189.5	×	×	×
	7	55.97	193.45	82.25	- 137.48(- 55.24~- 219.73)	- 71.1(- 28.6~- 113.6)	42.5	○	○	○
	8	0.69	10.45	80.72	- 9.76(+ 70.96~- 90.48)	- 93.4(+ 679.0~- 865.8)	772.4	×	×	×
	8	9.25	111.78	81.30	- 102.53(- 21.23~- 183.83)	- 91.7(- 19.0~- 164.5)	72.7	○	○	○
	8	3.26	18.70	81.20	- 15.44(+ 65.76~- 96.64)	- 82.6(+ 351.7~- 516.8)	434.2	×	×	×
	9	1.43	3.01	80.98	- 1.58(+ 79.40~- 82.56)	- 52.5(+ 2637.9~- 2742.9)	2690.4	×	×	×
	9	4.69	29.97	81.57	- 25.28(+ 56.29~- 106.85)	- 84.4(+ 187.8~- 356.5)	272.2	×	×	×
	9	10.39	83.50	81.18	- 73.11(+ 8.07~- 154.29)	- 87.6(+ 9.7~- 165.0)	97.2	○	○	○
	10	4.71	19.23	81.04	- 14.52(+ 66.52~- 95.56)	- 75.0(+ 345.9~- 496.9)	421.4	×	×	×
	10	42.99	56.09	80.86	- 13.10(+ 67.76~- 93.96)	- 23.4(+ 120.8~- 167.5)	144.2	×	×	×
	11	7.19	13.60	80.73	- 6.41(+ 74.32~- 87.14)	- 47.1(+ 546.5~- 640.7)	593.6	×	×	×

Ⅲ—3. T. P. における増水量、増水ピーク流量の推定値および実測値との比較

Table 2—(1)~(2)の回帰式に T. P. における関連独立変数を代入して、両流域の増水量および増水ピーク流量の推定値を計算して Table 4, 5, 6, 7 のそれぞれ(4)欄に示した。さらに推定値の95%信頼度での変動量、実測値と推定値との差および95%信頼度で真の差が含まれる範囲、差ならびに95%信頼度で真の差が含まれる範囲の推定値に対する割合、推定値に対する変動量の割合をそれぞれ(5)~(8)欄に示した。また(9)欄に信頼度90, 80, 70%での変化の有意性の有(○)無(×)を示した。なお推定値が負符号となる場合は、実際上あり得ないものであり、除いた。

Ⅳ 考 察

Ⅲに述べた解析結果から、T. P. における釜淵・2号沢、竜の口山・北谷両流域の1連続降雨による増水量、増水ピーク流量の変化の有無および変化の方向(増・減)をたしかめ、ついでこの変化程度と林況の変遷とを対照して検討した。

釜淵・2号沢は1949~'52年は毎年6, 9月に後生樹草の流域全面にわたる刈払いをおこない、また1953~'57年までは毎年4月下旬から5月上旬にわたって後生樹草を焼却した。竜の口山・北谷はT. P. 全期間にわたって後生樹草は放置され、自然回復した⁴⁾。これら森林処理にともなって増水量および増水ピーク流量にどのような変化がおこるか、また両流域の変化傾向の比較などについて検討した。

Ⅳ—1. 増水量の変化

Ⅳ—1—1. 釜淵・2号沢の場合

Table 4, (6)欄によって T. P. 全期間にわたり ΔR をみると、増加(+)したものもあるが、また減少(-)したものも多く、非常にまちまちである。

増加した場合はことに5, 6, 10, 11月に多く、7, 8, 9月でも1連続雨量 P が大きい場合には増加の傾向にあり、減少の場合は逆で、7, 8, 9月に多く、5, 6, 10, 11月に少なくなっていることがわかる。

つぎに ΔR と1連続雨量 P との関係を図にしたのが Fig. 3 である。値は非常に変動が大きく、 P だけでは十分な説明はつかないように見られるが、しかし大体 P が大きくなるにしたがって ΔR のうち、増加の場合は増加量が大きくなり、減少の場合はその減少量が P 50mm くらいまでは漸増するが、50~130mm の間は小さくなっていく傾向にあることがうかがえる。そして、大体 P が130mm前後以上になるとほとんど増加だけになっている。

Fig. 3 で増水開始時の水位 h_0 が3cm以下のとき、5cm以上のときおよびそれらの中間の場合を区別してみた。 h_0 の大小によって流域の湿潤状態があらわされるとするならば、 h_0 が3cm以下の場合には大部分減少側に分布しており、減少量が大きい、つまり流域が乾燥しているとみられるときに減少がおきているようである。これに反して h_0 が5cm以上の場合にはすべて増加側に分布している。つまり、流域が湿潤しているとみられるときに増加が生じているようである。増水量が主として直接流出量であることを考えれば、流域の湿潤状態、1連続降雨の性質など種々の因子によってこのような大きな変動がもたらされたものと考えられる。ことに ΔR が夏の7, 8, 9月に減少する機会が多いことは、流域に森林があった場合に比較してより乾燥しやすくなったためと推察される。玉手¹¹⁾ は過去において畑として使用された平地の一部に成立したヒノキ林(下層植生多)と、他の一部に放置されてきた裸地(測定中は草を完全除去)

において表層土(30cm 深さまで)の含有水分を比較測定し、林地は裸地よりも常に多く(年平均で 8.8% 多), とくに夏の乾燥期にはその差 22% に達したと報告している。また、四手井⁶⁾らは近接する森林流域と伐採(5 年前)跡(草地)流域の表層土(1 m 深まで)の含水量を比較測定し、総含水量は大差ないが、森林流域では表層ほど含水率が大で、季節変化が少なく、下部の根系密度の高い層ほど変化が大であるのに反し、伐採跡地流域では表層土の含水率小で、変化がはなはだしく、下層土の含水率は大で、変化が少なかったと報告している。これらの結果は、上述のことを裏書きしているものと考えられる。

従来の研究⁷⁾では増加する場合だけについて論ぜられており、減少する場合については明らかにされていない。

筆者らは前報告⁴⁾において、森林植生を除去すると水年を 1 単位として考える場合、各種流出量は増加の傾向があると報告したが、本稿のように 1 連続降雨ごとに細分した場合には増水量は増加する場合と減少する場合とがあることが知られる。したがって、これらを 1 水年を単位として集計すると結果は増加す

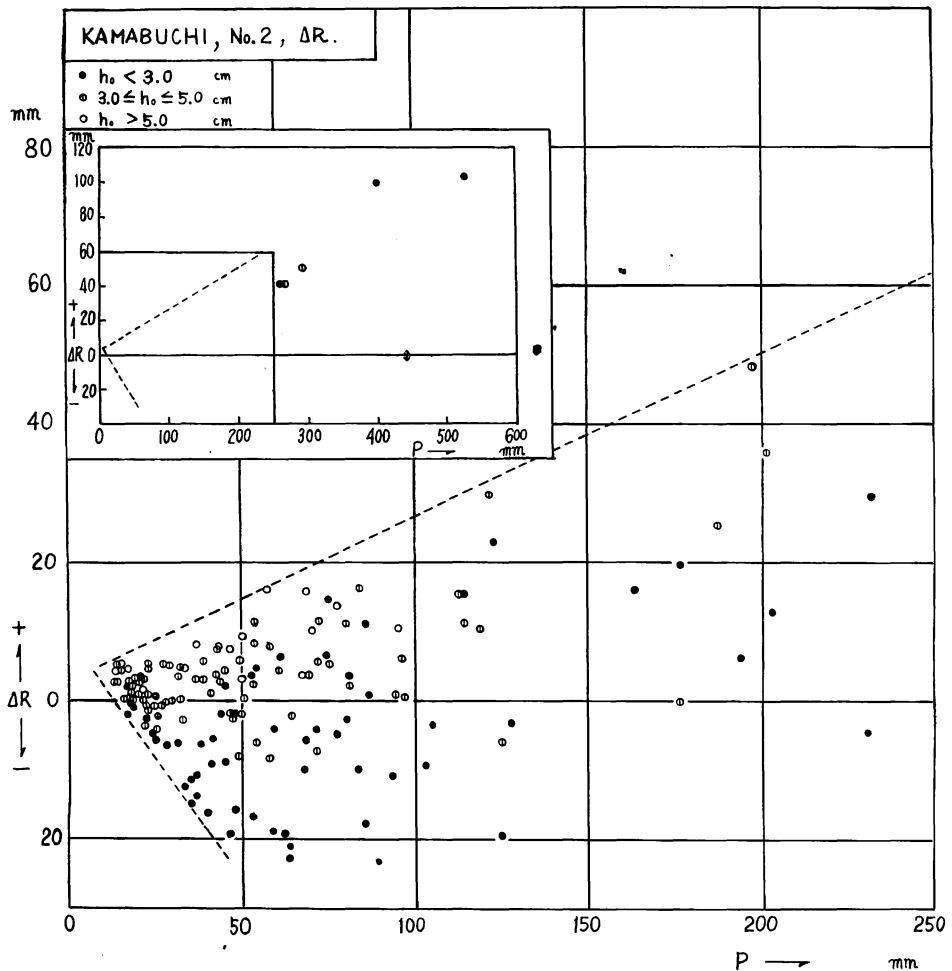


Fig. 3 増水量の変化と 1 連続雨量および増水開始時水位との関係

Relation between change in storm runoff (ΔR) and a rainfall (P) and the gage height just before runoff rises (h_0).

Table 8. 釜淵・2号沢のT.P.における増加量(+ ΔR)と1連続雨量(P)との線型回帰
Linear regression between the increase amount in storm runoff (+ ΔR) and
the related rainfall (P) for treatment period, KAMABUCHI・No. 2.

期 間 Period	回 帰 式 Regression equation	相 関 係 数 Correlation coefficient	回帰の有意性 Significance of regression	回帰線からの標準偏差 Standard deviation from regression line
1949 ~ '52	$+ \Delta R = 0.0810 P + 1.5002$	0.704	99.9	± 4.46
1953 ~ '54	$+ \Delta R = 0.2430 P - 6.6133$	0.964	99.9	± 5.65
1955 ~ '58	$+ \Delta R = 0.1877 P - 3.5842$	0.968	99.9	± 5.54

る量が多いか、あるいは時に消失量が減少することをもとになって、前報告⁴⁾のような結果になったものと思われる。

つぎに ΔR の値がまちまちである原因のひとつとして T. P. における後生樹草の生育、刈払い、焼却の処理の影響が考えられるので、これを検討した。すなわち、T. P. を処理に関連する期間に分けてとくに $+\Delta R$ と P との回帰解析をした結果、Table 8 を得た。

Table 8 に示すように、T.P. を 3 期間にわけると、 P の各期間の平均値の差および分散ともに統計的に有意な差がなく、比較しうることとなる。そこで分析した結果では、各期間の回帰係数の間には 95% 信頼度で有意な差があることがわかった。しかし、1953～'54 年と 1955～'58 年との比較では、回帰線間の隔たりには 95% 信頼度で有意な差がなかった。つまり量的には差がないことがわかった。伐採直後の 1948 年は +4R が 3 例しかなく、しかも P が非常に大きく、これを 1949～'52 年のなかに含めると各期間の P の平均値間の差および分散ともに棄却されるので、除くことにした。

Table 9. 釜淵・2号沢のT.P.における1連続雨量(P)の度数分布表
Frequency distribution table of a rainfall (P) for treatment period,
KAMABUCHI・No. 2.

[illegible]

Table 10. 釜淵・2号沢の T.P. における増水開始直前の水位 (h_0) の度数分布表
Frequency distribution table of the gage height just before runoff rises (h_0)
for treatment period, KAMABUCHI・No. 2.

h_0 階級 Class cm	年 Year	1948	1949	1950	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957	1958
0~1		0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
1~2		0	2	3	2	0	2	4	3	1	1	0
2~3		3	3	6	0	8	6	2	2	5	4	4
3~4		4	1	2	7	6	4	3	1	6	10	2
4~5		0	8	1	4	1	1	4	3	2	3	5
5~6		0	1	1	2	1	0	4	0	0	0	5
6~7		0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
7~8		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8~9		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9~10		0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0

回帰式の回帰係数は 1953~'54 年の期間が最も大きい。いいかえれば、 P に対する ΔR の増加率が大きいことになり、増加しやすい結果になった。1949~'52 年は後生樹草を刈り払った期間であり、1953~'58 年は火入れの期間 (1958 年は刈払いと火入れを行なった) に相当し、一応火入れ期間は流域が悪化したものと考えられる。しかし前にも述べたように、 ΔR は P が増加するとともに増加する一般的傾向があることを考えると、Table 9 に示すように、1953 年に ΔR の増加に影響が大きいと考えられる 200mm 以上の 1 連続降雨が 2 回もあり、これが回帰係数に最も大きく影響をおよぼしているのではないかと推察される。1954 年は 1 連続雨量に大きいものはないが、Table 10 に示す h_0 の値をみると 5 cm 以上のものが 6 回もあり、したがって、1 連続雨量が少なくても流域が相当湿潤している場合が多かったことも、 ΔR が他に比較して大きくなった一因と考えられる。以上から、回帰係数の相違は後生樹草の処理だけに符合すると考えるのは多少無理があり、今後の検討にまつほかなかろう。

以上の議論の信頼性は ΔR の信頼程度に依存する。Table 4 の(6)欄で ΔR の符号が+で、変動範囲の符号が上、下限とも+のものは増水量の増加が95%信頼度で信頼できることを示し、逆に ΔR が-で、上、下限とも-のものは減少が信頼できることを示す。それ以外のものは95%信頼度では増減が不確かなことを示す。95%信頼度で確かな増減の例数はわずか15で、きわめて少ない。このうち、増加が確かなものは11、減少が確かなものは4である。Table 4 の(5)欄で、推定値の変動量が19~20mmの間くらいのところではほぼ一定していることがみられる (これは推定値の標準誤差が独立変量に無関係な従属変量の原因不明の変動量によってほとんど決ってしまうためで、当然である)。すなわち Fig. 3 で、大体士 ΔR 19.5 の線よりそとのほとんどの増減が95%信頼度で確かであることになり、これが15例である。信頼度を90, 80, 70%に落とせば当然例数が増加する。これは Table 4 の(9)欄に示されており、たとえば70%では46例に増加する。すなわち Fig. 3 で、大体士 ΔR 10.2 前後の線よりそとのほとんどの増減値が、70%信頼度でたしかであるということになる。要するに、回帰解析の精度から変化量の大きいものは信頼度が高いが、小さいものは低いということである。前述の議論もこのことを考慮にいれて判断する必要がある。しかしここで重要なことは、 P が約 130 mm 以上の点では、特別に h_0 が小さい場合を除いてほとんど増加で

あり、しかもその大部分が95%信頼度で確かな増加であるといえることである。このことは、伐採により豪雨時の増水量が増加することが確かなことを示している。以上から変化量の大きなものはもちろんであるが、全体として ΔR の傾向を前述のように議論しても、ほぼ差しつかえなからう。

以上を要するに、森林伐採により増水量変化の potential を生ずる。しかし、その変化の増減方向は大体において、増水開始時の流域の湿潤程度によってきまる。すなわち、流域がある程度以上湿っているときは増加し、以下のときは減少する。さらにその増加量あるいは減少量は、大体において1連続雨量の多少によってきまり、これが大きくなるにつれて増加量は大となり、減少量は減少する。ただし雨量が非常に少ない範囲（この場合50mm以下）では、当然その供給量に比例して減少量もある程度増加する（このことはそのときの土湿不足程度を示すものと考えられる）。

伐採後の草本、低木の増加、その刈払い、焼却などによる後生樹草の処理によるわずかな植生地被の変化にもとづく増水量の経時間的变化は、雨量その他による変化に比較して微弱のため明確には検出できないようである。従来²⁾の報告²⁾によると、皆伐など種々の森林処理によって、年流出量は伐採が完了した直後の最初の水年に最大増加量が現われているし、水年を植物の成長期（5～10月）と成長休止期（11～4月）に分けた場合でも、伐採が完了した後最初の成長期に最大増加量が現われている。筆者らの前報

Table 11. 釜淵2号沢の T. P. における増水量の
Maximum amount of increase and decrease runoff in storm

P 階 級 Class mm	最 大 増 加 量 Maximum amount of increase			
	年 Year	増加量 (95%信頼限界による変動範囲) Increase (95% confidence interval) + ΔR mm	増加率 (95%信頼限界による変動範囲) Rate of increase (95% confidence interval) + $\Delta R/\bar{R}$ %	増水開始直前の水位 Gage height just before runoff rises h_0 cm
0～10	—	—	—	—
10～20	1954	+ 5.22* (+ 24.61～-14.17)	+ 307.1* (+ 1447.6～-833.5)	6.02
20～30	1958	+ 5.38* (+ 24.75～-13.99)	+ 51.9* (+ 238.9～-135.0)	3.5
30～40	1954	+ 8.01* (+ 27.37～-11.35)	+ 46.4* (+ 158.5～-65.7)	6.30
40～50	1958	+ 7.76* (+ 27.11～-11.59)	+ 36.1* (+ 126.0～-53.9)	5.1
50～60	1958	+ 16.12* ⁽²⁾ (+ 35.47～-3.23)	+ 52.1* ⁽²⁾ (+ 114.6～-10.4)	5.1
60～80	1951	+ 15.89* ⁽²⁾ (+ 35.25～-3.47)	+ 40.6* ⁽²⁾ (+ 90.0～-8.9)	5.78
80～100	1958	+ 16.26* ⁽¹⁾ (+ 35.65～-3.13)	+ 32.7* ⁽¹⁾ (+ 71.6～-6.3)	4.1
100～150	1956	+ 29.63 (+ 49.14～+10.12)	+ 38.9 (+ 64.6～+13.3)	4.68
150～200	1948	+ 48.30 (+ 68.32～+28.28)	+ 37.6 (+ 53.2～+22.0)	3.49
200～300	1955	+ 50.71 (+ 71.84～+29.58)	+ 26.0 (+ 36.8～+15.2)	4.64
(398.2)	1953	+ 98.95 (+121.83～+76.07)	+ 36.8 (+ 45.3～+28.3)	2.56
(526.0)	1958	+102.61 (+128.17～+77.05)	+ 28.6 (+ 35.8～+21.5)	2.2

* 95%信頼度で増加・減少が不確かなもの（ただし (1), (2), はそれぞれ 90, 80%で確かなもの）。
Non-significant increase and decrease at the 95% confidence coefficient, but (1) and (2)

告⁴⁾ および本稿では、伐採後数年経た後に最大増加量が現われているが、これらは降雨量が各年に均等に分布しておらず、最大増加量が現われている年に年降水量の最大または増加量に最も有効に影響する大きな1連続雨量があった年に現われている。常識的には最大増加量は伐採が完了した直後に生ずるものと考えられる。しかしこの場合は、伐採直後の1948年は前述の理由によって除くとしても、それに続く1949～'52年ではそれぞれの P に対応する増加率が極端に小さくなっている。これはあきらかに増加に有効な1連続降雨がなかったためであろう。アメリカの場合²⁾⁵⁾ は伐採後の各年の雨量に、日本におけるほどの変動がなかったためと考えられる。

森林伐採による増水量の変化程度は、1連続雨量の多少によって大体きまってしまう、伐採跡地の低木、草本など地表植生の多少の変化による増水量の変化程度は小さいようで、明確な検討はむずかしい。そこで、T.P. 全般にわたって最大増加量および最大減少量を、1連続雨量の階級別にまとめると Table 11のようになった。増水開始時の水位 h_0 も付記した。流域の湿潤状態を示す示標として先行雨量も考えられるが、これはごく間接的な示標である。たとえば、10日間先行雨量が同じでも季節により蒸発散量等がことなり、増水直前の湿潤状態を表現するのにならずしも適当でなく、より直接的な増水開始直前の水位 h_0 を示標に用いた。 $+ \Delta R$ だけの計算ではむしろ h_0 の方が相関が高いことが知られている。

最大増加量および最大減少量

runoff for treatment period, KAMABUCHI・No. 2.

最 大 減 少 量 Maximum amount of decrease			
年 Year	減少量 (95%信頼限界による変動範囲) Decrease (95% confidence interval) $- \Delta R$ mm	減少率 (95%信頼限界による変動範囲) Rate of decrease (95% confidence interval) $- \Delta R / \bar{R}$ %	増水開始直前の水位 Gage height just before runoff rises h_0 cm
—	—	—	—
1951	* — 2.25 (+17.14～-21.64)	* -74.3 (+565.7～-714.2)	1.59
1952	* — 6.70 (+12.66～-25.07)	* -63.8 (+120.6～-238.8)	2.47
1954	*(2) -14.93 (+ 4.43～-34.29)	*(2) -79.1 (+ 23.5～-181.7)	1.33
1950	*(1) -19.22 (+ 0.13～-38.57)	*(1) -80.4 (+ 0.5～-161.4)	1.40
1955	*(1) -18.72 (+ 0.63～-38.07)	*(1) -57.8 (+ 1.9～-117.5)	1.62
1954	-22.75 (- 3.39～-42.11)	-64.0 (- 9.5～-118.5)	1.80
1955	*(1) -18.11 (+ 1.28～-37.50)	*(1) -35.7 (+ 2.5～- 74.0)	1.44
1958	* — 0.21 (+19.63～-20.05)	* — 0.2 (+ 17.2～- 17.6)	3.5
1948	* — 4.61 (+15.76～-24.96)	* — 3.0 (+ 10.4～- 16.5)	2.27

show respectively the significance at the 90 and 80% c.c.

Table 11によれば、最大増加量は1連続雨量が同じでも h_o が高い時、したがって流域が湿っていると思われる時に生じているし、逆に最大減少量は h_o が低い、すなわち流域が乾燥しているときに生じていることが注目される。その他は両者の間に分布しているが、前述のように h_o だけでは説明のつかない増加あるいは減少もある。

最大増加率は1連続雨量が 100mm以上では26~39%で、いずれも95%信頼度で増加が確かである。そして95%信頼限界を差し引いても少なくとも13~28%の増加率がみとめられる。このことは重要である。しかし、100mm以下では、 ΔR では増加しているが95%信頼度では増加が不確かとなっている。最大減少率については、雨量が60~80mmのとき64%で、95%信頼度で増加が確かである。そして95%信頼限界を差し引いても、10%の減少率がみとめられる。他の雨量の場合は ΔR では減少しているが、95%信頼度

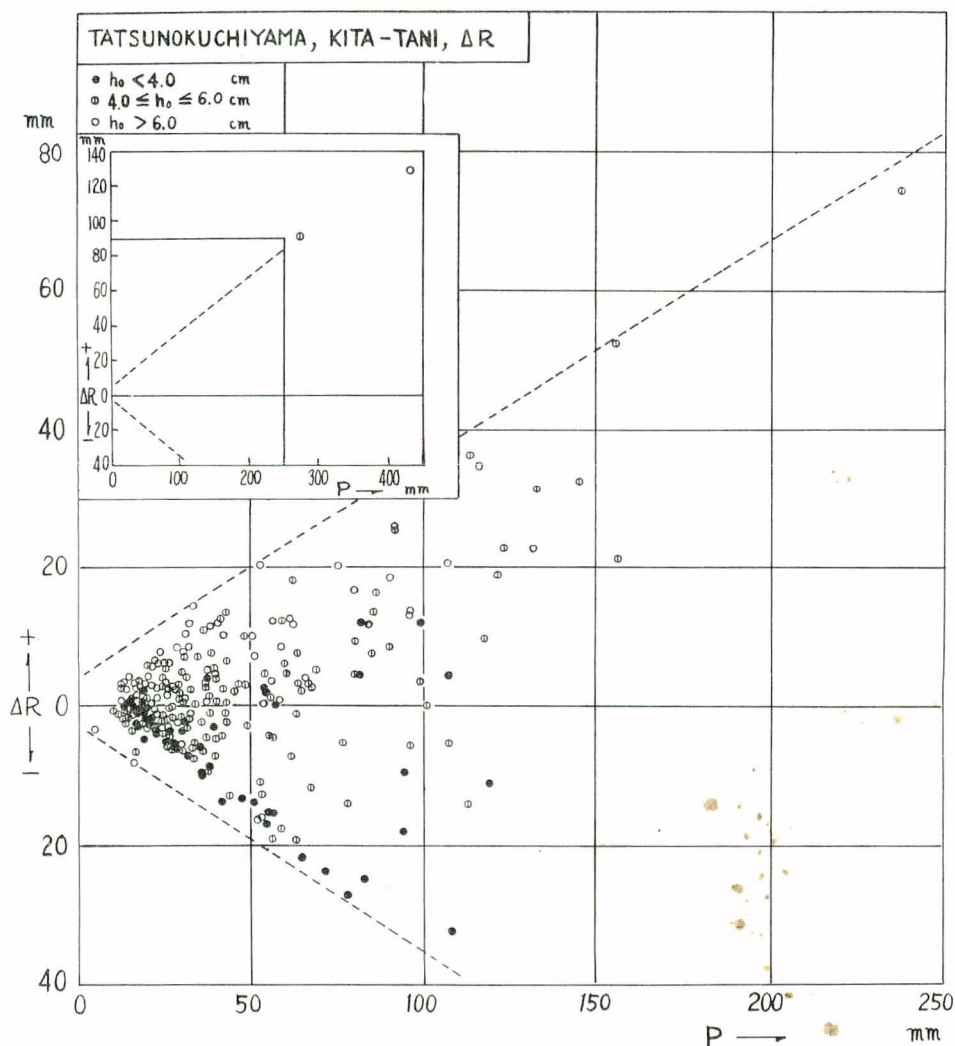


Fig. 4 増水量の変化と1連続雨量および増水開始時水位との関係
Relation between change in storm runoff (ΔR) and a rainfall (P) and the gage height just before runoff rises (h_o).

では減少が不確かである。なお増加率、減少率では1連続雨量が小さいときには、この表に記した値より大きいものもある。

IV—1—2. 竜の口山・北谷の場合

Table 5 の(6)欄によって T.P. 全般にわたってみると、 ΔR は増加する場合と減少する場合とあり、非常にまちまちである。

釜淵・2号沢の場合と同様に減少する場合は6, 7, 8, 9月の夏期に多く、増加する場合はその他の月に多くなっている。しかし、夏期でも P が相当に大きい場合は、減少から転じて増加する傾向をもつようである。

つぎに ΔR と1連続雨量 P との関係を Fig. 4 に示す。釜淵・2号沢同様点がバラックが、やはり大体 P が大きくなるにつれて $+\Delta R$ は大きくなり、 $-\Delta R$ は P が100mm くらいまでは漸増し、100~130mmの間は小さくなる傾向がみられる。そして大体 P が130mm前後以上になると増加だけになっている。

Fig. 4 でチラバリの大きいことには、釜淵・2号沢同様、増水開始前の流域の湿潤状態が影響していることは、図中に区別した h_o が高いほど増加側に分布し、 h_o が低いほど減少側に分布していることわかる。以上から、やはり森林がある場合より森林を除去した場合の方が、流域表層部が乾燥しやすくなり、C.P.と同量の降雨があっても流域の土湿不足をみたすのにかなりの水が使われて、C.P.のときよりも増水量が減少する場合が生ずるものと考えられる。

しかし、以上だけでは説明のつかないものもある。当然 P 、 h_o 以外に、降雨型など多数の条件が関係するからであろう。しかし、ここではこれらの関係を明らかにできない。

さらにこの場合、T.P.で伐採跡地を自然放置したため後生樹草が侵入繁茂しているので、年を追って ΔR の変化量（とくに増加量）がこれに影響されているのではないかと考えられる。そこで、 $+\Delta R$ と P との回帰解析を試みた結果、Table 12 が得られた。

Table 12 に示すように T.P. を3期間に分けることが、 P の平均値間の差および分散の統計的に棄却されない期間として比較するのに、最も適当である。ただし1945, 1947兩年を含めると比較できないことになるので、兩年は除くことにした。この3期間の比較では、いずれも95%の信頼度で回帰係数の差は有意であり、1946~'49年と1950~'54年との間以外は、回帰線間の隔たりも有意であるとみとめられ、回帰係数の比較から、1950~'54年が $+\Delta R$ の P に対する増加率が最大である。この場合も釜淵・2号沢と同じように、伐採直後よりは数年経た後に P に対する増加率が大きい時期があり、T.P.全期間を通じて

Table 12. 竜の口山・北谷の T. P. における増加量 ($+\Delta R$) と1連続雨量 (P) との線型回帰

Linear regression between the increase amount in storm runoff ($+\Delta R$) and the related rainfall (P) for treatment period, TATSUNOKUCHIYAMA・KITA-TANI.

期 間 Period	回 帰 式 Regression equation	相 関 係 数 Correlation coefficient	回帰の有意性 Significance of regression	回帰線からの標準偏差 Standard deviation from regression line
1946, '48, '49	$+\Delta R = 0.2245 P - 3.3601$	0.850	99.9	± 4.96
1950 ~ '54	$+\Delta R = 0.3120 P - 6.1633$	0.964	99.9	± 6.20
1955 ~ '58	$+\Delta R = 0.1209 P - 0.0258$	0.668	99.9	± 5.01

Table 13. 竜の口山・北谷の T. P. における1連続雨量 (P)
の度数分布表

Frequency distribution table of a rainfall (P) for treatment
period, TATSUNOKUCHIYAMA・KITA-TANI.

P 階級Class mm	年 Year	1945	1946	1947	1948	1949	1950	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957	1958
0~10		0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10~20		13	4	9	10	6	9	6	2	2	3	4	2	5	1
20~30		3	5	6	4	3	9	7	7	3	2	4	6	4	6
30~40		7	5	0	2	1	6	2	6	1	5	3	7	3	3
40~50		1	2	2	4	1	3	0	2	0	3	2	1	0	1
50~60		2	1	0	1	2	4	3	2	0	2	1	2	3	3
60~80		0	1	1	1	4	1	2	2	1	2	2	1	2	2
80~100		2	3	2	3	1	0	0	1	2	0	2	3	1	1
100~150		0	1	0	1	3	1	1	2	0	2	1	0	2	1
150~200		0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
200~300		0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
300~400		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
400~500		0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0

Table 15. 竜の口山・北谷の T. P. における増水量
Maximum amount of increase and decrease in storm runoff for

P	最 大 増 加 量 Maximum amount of increase			
階 級 Class mm	年 Year	増加量 (95%信頼限界に よる変動範囲) Increase (95% confidence interval) + ΔR mm	増加率 (95%信頼限界に よる変動範囲) Rate of increase (95% confidence interval) + $\Delta R/\hat{R}$ %	増水開始直前 の 水 位 Gage height just before runoff rises h_0 cm
0~10	—	—	—	—
10~20	1945	+ 3.89* (+ 18.89~- 11.11)	+193.5* (+939.8~-552.7)	5.8
20~30	1950	+ 8.32* ⁽³⁾ (+ 23.31~- 6.67)	+108.1* ⁽³⁾ (+302.7~- 86.6)	8.3
30~40	1950	+ 14.45* ⁽¹⁾ (+ 29.45~- 0.55)	+156.0* ⁽¹⁾ (+318.0~- 5.9)	6.6
40~50	1945	+ 13.41* ⁽¹⁾ (+ 28.52~- 1.70)	+105.8* ⁽¹⁾ (+224.9~- 13.4)	8.9
50~60	1950	+ 20.17 (+ 35.19~- 5.15)	+111.2 (+194.1~+ 28.4)	6.8
60~80	1949	+ 20.00 (+ 35.07~- 4.93)	+ 66.5 (+116.6~+ 16.4)	8.4
80~100	1946	+ 25.74 (+ 40.87~+ 10.61)	+ 66.3 (+105.3~+ 27.3)	10.5
100~150	1948	+ 36.64 (+ 51.88~+ 21.40)	+ 77.2 (+109.3~+ 45.1)	5.0
150~200	1952	+ 52.44 (+ 68.05~+ 36.83)	+ 72.6 (+ 94.3~+ 51.0)	5.6
200~300	1951	+ 90.62 (+107.46~+ 73.78)	+ 71.4 (+ 84.7~+ 58.2)	5.8
(433.0)	1954	+128.83 (+148.35~+109.31)	+ 64.6 (+ 74.3~+ 54.8)	6.6

* 95%信頼度で増加・減少が不確かなもの (ただし (1), (2), (3) はそれぞれ 90, 80, 70%
Non-significant increase and decrease at the 95% confidence coefficient, but

Table 14. 竜の口山・北谷の T. P. における増水開始直前の水位 (h_o) の度数分布表Frequency distribution table of the gage height just before runoff rises (h_o) for treatment period, TATSUNOKUCHIYAMA・KITA-TANI.

h_o 階級 Class cm	年 Year	1945	1946	1947	1948	1949	1950	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957	1958
0~1		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1~2		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2~3		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	0	0
3~4		2	1	4	8	1	1	1	3	1	1	7	10	8	10
4~5		2	5	5	10	2	9	9	4	5	6	4	4	7	5
5~6		7	5	5	3	8	9	5	7	2	8	5	3	4	2
6~7		3	4	1	5	7	11	7	5	2	4	0	2	1	1
7~8		1	5	5	0	1	2	0	4	0	1	0	1	0	0
8~9		3	2	0	0	2	1	0	1	0	0	0	0	0	0
9~10		5	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
10~12		3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12~14		1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14~		1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

の最大増加量および最大減少量

treatment period, TATSUNOKUCHIYAMA・KITA-TANI.

最 大 減 少 量 Maximum amount of decrease			
年 Year	減少量 (95%信頼限界に よる変動範囲) Decrease (95% confidence interval) — ΔR mm	減少率 (95%信頼限界に よる変動範囲) Rate of decrease (95% confidence interval) — $\Delta R/\bar{R}$ %	増水開始直前の水位 Gage height just before runoff rises h_o cm
1946	* — 3.63 (+11.90 ~ -19.16)	* —98.6 (+323.4 ~ -520.7)	7.2
1946	*(3) — 8.29 (+ 7.11 ~ -23.69)	*(3) —93.5 (+ 80.2 ~ -267.1)	7.6
1946	* — 6.79 (+ 8.25 ~ -21.83)	* —73.0 (+ 88.7 ~ -234.7)	5.0
1955	*(2) — 9.87 (+ 5.13 ~ -24.87)	*(2) —92.8 (+ 48.2 ~ -233.7)	2.6
1956	*(1) —14.01 (+ 0.91 ~ -29.01)	*(1) —95.6 (+ 6.2 ~ -197.9)	2.9
1951	—19.26 (— 4.24 ~ -34.28)	—92.2 (— 20.3 ~ -164.0)	4.1
1958	—27.15 (—12.06 ~ -42.24)	—90.7 (— 40.3 ~ -141.2)	3.0
1948	*(1) —24.51 (+ 9.36 ~ -39.66)	*(1) —79.2 (+ 30.2 ~ -128.1)	3.4
1952	—32.16 (—16.95 ~ -47.37)	—70.5 (— 37.2 ~ -103.9)	3.8
—	—	—	—
—	—	—	—
—	—	—	—

で確かなもの)

(1), (2) and (3) show respectively the significance at the 90, 80 and 70% c.c.

山型の増加傾向にあるようであるが、Table 13 に示した1連続雨量 P のT.P.各年別の分布をみると、 ΔR に最も有効に影響すると思われる150mm以上の P が1951～'54年には3例あり、前述したように、 ΔR は P の増加につれて増加する傾向にあることを考えると、1950～'54年の ΔR の P に対する増加率が最も大きいことは、おそらくこの期間の P が相当に影響をおよぼしているためと考えられる。

Table 14に示した h_0 の値は、除外した1945、1947年以外の年の間に大きな相違はないとみられる。したがって、これらの回帰係数間の差異は流域の地表状態の差だけを示すものではなく、1連続雨量の多少に強く影響されているものと推察される。 ΔR 自身の大きな変動量と、以上の理由を考えあわせるとこの程度の後生樹草の繁茂、すなわち植生変化による ΔR の変化は1連続雨量の多少による変化に比較して微量のため、検出できない結果に終わったということかもしれない。筆者らは前報告⁴⁾で年流出量を検討して降雨量の多い1956、1957両水年が、信頼できがたい程度の増加量であったことから、1955水年以降は林況回復が年流出量の変化にかなり影響しているものと推定した。しかしTable 13で、1955～'58年まで ΔR の増加に有効に影響すると思われる150mm以上の1連続雨量は、1回あるだけであり、水年雨量が多くても内容的に ΔR に大きく影響する個々の1連続雨量が少ない場合には、当然増加量も少なくなるはずである。したがって、1955水年以降水年流出量の増加量の減少が、はたして林況回復だけによるものであるかは疑問がある。おそらく両者の影響が重なっているものと考えられるが、この場合すべての増水を資料としているわけでもなく、この点明らかにできない。今後の検討にまっほかならう。

ここで釜淵・2号沢の場合と同様に、 ΔR の信頼程度についてみる。95%信頼度で増減が確かなもの(Fig. 4で大体 $\pm \Delta R$ 15mmのそとのもの—Table 5の(5)欄参照)は全期間を通じて35例だけで、そのうち増加が確かなものは22例、減少が確かなものは13例である。もちろん(9)欄に示すように信頼度を落とせば例数は増加する。たとえば70%信頼度では、35例が80例(Fig. 4で大体 $\pm \Delta R$ 8mmのそとのもの)に増加する。したがって、推定値が小さい場合は変動量の割合がきわめて大きいため、結果の信頼性はかならずしも高くない。しかし、釜淵・2号沢の場合同様、 P が130mm以上の強雨の場合は、すべて95%信頼度で確かな増加となっていることは注目してよからう。また、全体として ΔR の傾向を、前述のように議論してもほばよからう。

以上の結果から、森林の伐採による増水量の変化の傾向は、釜淵・2号沢の場合とほとんど同様のことがいえよう。釜淵同様、T.P.全体に対しその最大増加量、最大減少量を1連続雨量 P の階級別にまとめると、Table 15に示すようになる。

Table 15によれば、最大増加量は最大減少量に比べて増水開始時の水位 h_0 が高いとき、つまり流域が湿潤しているときに生ずる。これは釜淵の場合と同様の傾向である。また、1連続雨量が多い場合(大体100mm以上)には、最大増加率が少なくとも(95%信頼限界を差し引いても)、45～58%程度みとめられることは注目される。釜淵の場合には13～28%程度の増加率にすぎないが、この場合増加量には大きな相違はないが、増加率に大きな相違がみられる。これは流域形状とか、流域の土壌条件などのちがいによるものと推察される。

IV—2. 増水ピーク流量の変化

IV—2—1. 釜淵・2号沢の場合

Table 6の(6)欄によって、T.P.全期間にわたり ΔR をみると、やはり増・減ともにあり、季節による増減の方向は増水量の場合ほど明りょうでない。

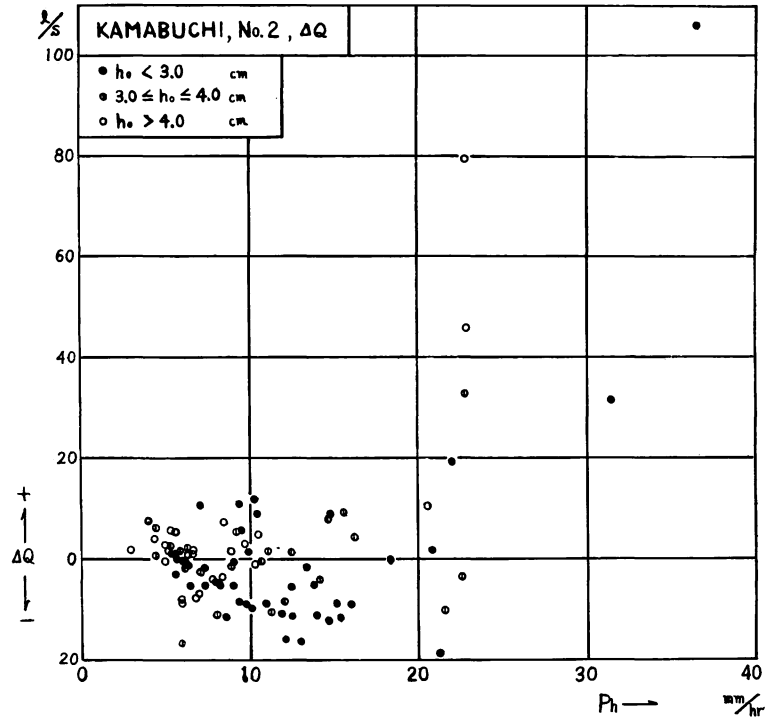


Fig. 5 増水ピーク流量の変化と1時間最大雨量および増水開始直前の水位との関係

Relation between change in peak discharge (ΔQ) and maximum rainfall per hour (P_h) and the gage height just before runoff rises (h_o).

増水ピーク流量は、水位測定地点における瞬間最大流量であるから、その量は1連続雨量よりは降雨強度の方がより関係が密接と考えられるので、 ΔQ と1時間最大雨量 P_h との関係を図示したのが Fig. 5である。

Fig. 5によると、 P_h が22mm/hr前後以下の場合は増加する場合と減少する場合とがあり、その値は大約±20 l/s ぐらいの範囲の中で変動している。この理由としては増水量と同じように、流域の湿潤状態、降雨条件などが複雑に影響しているものと推察される。 P_h が22mm/hr前後以上になると、 ΔQ は急激に増加する傾向がうかがえる。

増水量ほど明確ではないが、図中に示した h_o の相違により ΔQ は、 h_o が3 cm以下の場合には P_h が小さいとき減少するものが幾分多いが、 h_o が4 cm以上の場合には、 P_h が小さいときを除いて大体増加しているようである。このようなことから釜淵の場合は、森林伐採による増水ピーク流量の増加は1時間最大雨量が大体22mm/hr 以上の場合で、しかも流域が相当に湿潤しているときに大きな増加があるとみてよく、強雨ほど伐採の影響が大きく現われているといえよう。

以上のように、 ΔQ はT.P. 全年にわたってその値がまちまちで、後生樹草の刈払い、焼却などの処理による影響はT.P. 後半の資料もなく、また ΔQ と他の因子との密接な関係が得られないのと、 ΔQ そのものの大きな変動のために検討することができなかった。これらは今後の検討課題であろう。

Table 16. 釜淵・2号沢の T.P. における増水ピーク流量の
Maximum amount of increase and decrease in peak discharge

P_h	最 大 増 加 量				
	Maximum amount of increase				
階 級 Class mm/hr	年 Year	増加量 (95%信頼限界に よる変動範囲) Increase (95% confi- dence interval) + $4Q$ l/s	増加率 (95%信頼限界に よる変動範囲) Rate of increase (95% confidence interval) + $4Q/\hat{Q}$ %	1 連続 雨 量 Rain- fall P mm	増水開始直前 の水位 Gage height just before runoff rises h_0 cm
0~2	—	—	—	—	—
2~4	1954	+ 1.72(+ 17.24~-13.80) *	+ 15.9(+159.8~-127.9) *	81.0	4.25
4~6	1954	+ 7.77(+ 23.19~- 7.65) *	+205.0(+611.9~-201.8) *	33.6	5.94
6~8	1954	+ 10.44(+ 25.83~- 4.95) *(1)	+ 87.0(+215.3~- 41.3) *(1)	54.3	2.30
8~10	1950	+ 10.80(+ 26.26~- 4.66) *(1)	+ 51.7(+125.6~- 22.3) *(1)	74.1	2.78
10~15	1952	+ 11.82(+ 27.35~- 3.71) *(1)	+ 38.4(+ 88.9~- 12.1) *(1)	122.9	2.85
15~20	1950	+ 9.16(+ 24.68~- 6.36) *(2)	+ 25.2(+ 67.9~- 17.5) *(2)	114.6	3.74
20~25	1950	+ 79.45(+ 95.70~+63.20)	+283.0(+340.9~+225.2)	46.5	5.63
25~30	—	—	—	—	—
30~40	1953	+105.97(+124.80~+87.14)	+ 84.1(+ 99.1~+ 69.2)	398.2	2.56

* 95%信頼度で増加・減少が不確かなもの (ただし (1), (2) はそれぞれ 80, 70 %で
Non-significant increase and decrease at the 95% confidence coefficient,

ここで $4Q$ の信頼程度をみると、95%信頼度で増減が確かなもの (Fig. 4 で大体 $\pm 4Q15.5$ l/s のそとのもの——Table 6 の(5)欄参照) は全期間を通じてわずか 10例、そのうち増加がたしかなのは 6例、減少がたしかなのは 4例だけである。もちろん、(9)欄に示すように信頼度を落せば、例数は増加する。たとえば、70%信頼度では 10例が 34例 (Fig. 4 で大体 $\pm 4Q8.2$ l/s のそとのもの) に増加する。したがって、変化量が小さい場合の信頼性はかならずしも高くない。しかし、増水量の場合同様 95%信頼度で増加がたしかな場合は、すべて強雨の場合であることは注目してよからう。

増水量と同様に、T.P. 全年にわたって $4Q$ の最大増加量および最大減少量を、1時間最大雨量 P_h の階級別にまとめたのが Table 16 である。参考のために、1連続雨量および増水開始時の水位もあわせて示した。

Table 16によると、最大増加量は大体 h_0 が高いときに生ずることがうかがえる。また、1連続雨量は P_h ほどの明確な関係はなさそうである。また最大増加率は、 P_h が 20mm/hr 以下ではすべて 95%信頼度で信頼できない程度になっているが、20mm/hr 以上では少なくとも 69~225%もみとめられることは注目されよう。なお変化量が小さい場合には、この Table の増加率より大きい場合もある。

IV—2—2. 竜の口山・北谷の場合

Table 7 の(6)欄をみると、T.P. 全期間にわたりやはり増減ともにあり、釜淵の場合同様に季節による変化のちがいは明りょうでない。

$4Q$ と P_h との関係を図示したのが Fig. 6 である。

for treatment period, KAMABUCHI • No. 2.

最 大 減 少 量				
Maximum amount of decrease				
年 Year	減少量 (95%信頼限界による変動範囲) Decrease (95% confidence interval) — $\frac{\Delta Q}{l/s}$	減少率 (95%信頼限界による変動範囲) Rate of decrease (95% confidence interval) — $\frac{\Delta Q/\bar{Q}}{\%}$	1 連続雨 量 Rain-fall P mm	増水開始直前の水位 Gage height just before runoff rises h_0 cm
—	—	—	—	—
—	—	—	—	—
1949	—16.85 (—0.82～—32.88)	— 48.5 (— 2.4～— 94.7)	186.5	3.12
1954	— 7.75 [*] (+7.65～—23.15)	— 58.0 [*] (+57.3～—173.3)	60.2	4.82
1953	—11.79 ^{*(1)} (+3.63～—27.21)	— 91.7 ^{*(1)} (+28.2～—211.6)	40.3	1.56
1952	—16.69 (—0.81～—32.57)	— 35.1 (— 1.7～— 68.4)	193.3	2.78
1949	—11.63 ^{*(1)} (+3.92～—27.18)	— 60.7 ^{*(1)} (+20.5～—141.9)	23.7	1.45
1950	—18.97 (—3.10～—34.84)	— 68.4 (—11.2～—125.7)	46.9	1.40
—	—	—	—	—
—	—	—	—	—

but (1) and (2) show respectively the significance at the 80 and 70% c.c.

Frequency distribution table of maximum rainfall per hour (P_h)
for treatment period, TATSUNOKUCHIYAMA • KITA-TANI.

[illegible]

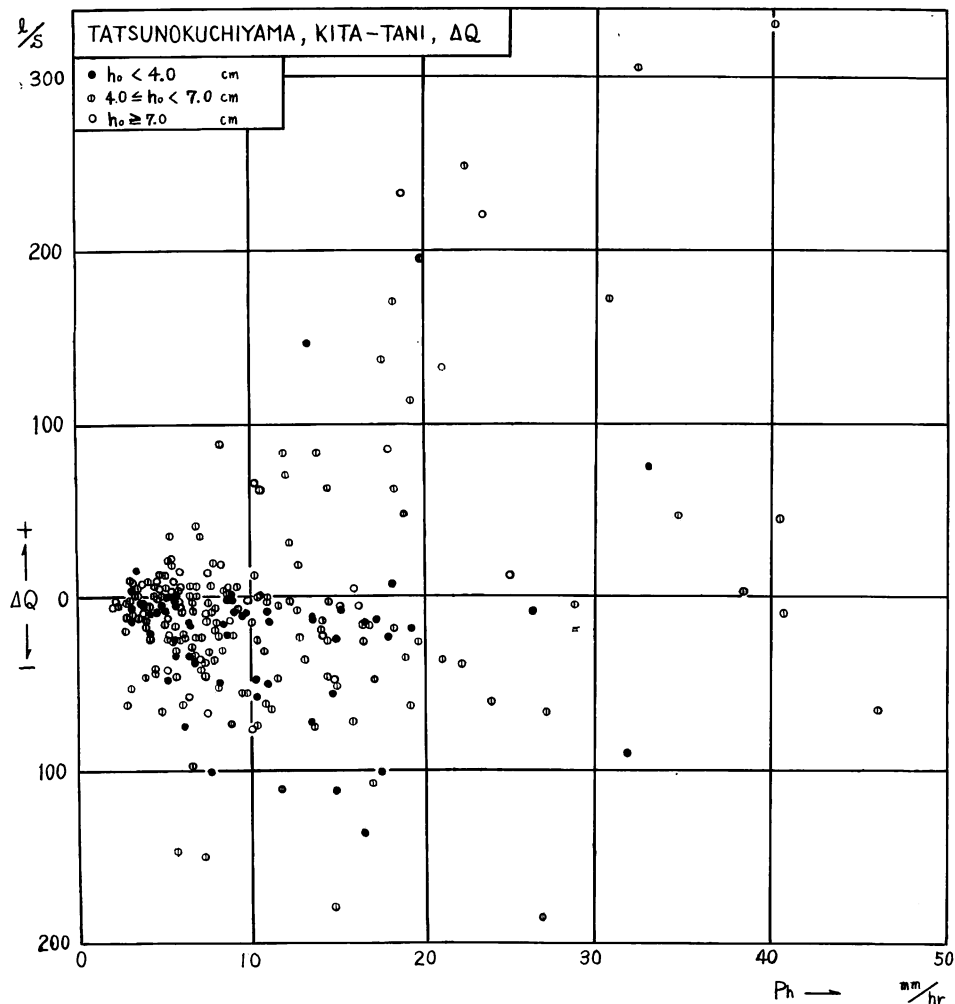


Fig. 6 増水ピーク流量の変化と1時間最大雨量および増水開始直前の水位との関係
Relation between change in peak discharge (ΔQ) and maximum rainfall per hour (P_h) and the gage height just before runoff rises (h_0).

P_h が大きくなるにしたがって、 ΔQ の増減の変動が大きくなっている。釜淵・2号沢 (Fig. 5) の場合と大分傾向が異なり、 P_h が22 mm/hr以上でもかなりの増および減がみられる (しかし30~40 mm/hr以上では減少する場合はきわめてまれになっており、これ以上の雨量強度では釜淵同様すべて増加となる一般的傾向があるといえるのかもしれないが、こん後資料を増加して検討しないと断定できない)。これはやはり各種流域条件の相違によるものと思われるが、簡単には明らかにできそうもない。大きな変動には流域の湿润状態、植生の自然回復等が複雑に影響しているものと考えられ、図に示すとおり h_0 が4 cm以下の場合はほとんど減少している。

注目すべきことは Table 7の(6)欄を通覧して、1955年以降減少するものが非常に多く、ことに1958年ではすべてのときに減少していることである。このことは植生の自然回復がすすんで、かなりの雑木林が

成立していった過程と符合する。したがって、一応は森林の再成立による減少とも考えられる。しかし1955年以後では1連続雨量の大きなものもなく(Table 13 参照), また流域の湿润状態を表わすと思われる h_0 もほとんどの場合2~5 cm の範囲(Table 14 参照)で, しかも Table 17 に示すように P_h も他の年に比較して小さい。したがって, これらのことのために減少したのだとも考えられ, 両者のいずれが減少をもたらしたのか, あるいはいずれが強く影響したのかなどを判別することは困難である。ただ定性的には, 両者とも減少に影響したものと推定されるにすぎない。

以上から, 森林伐採による増水ピーク流量の変化と P_h の関係は, 簡単に説明できない。ただ h_0 がある範囲で低いときには減少する場合がほとんどであるということと, 増加する場合の増加量の上限が P_h とともに直線的に増加していることとは注意してよからう。

植生の自然回復による林況の経年変化の影響は一応上述のように考えられるが, 降雨条件や $4Q$ の大きな変動量などのためここでは十分な検討ができない。これらは今後の研究課題であろう。

この場合も, C. P. における回帰関係がわるく(Table 2), 推定値の変動量が極端に大きい, したがって, 95%信頼度で増減がたしかなもの(Fig. 6で大体 $\pm 4R81l/s$ のそとのもの——Table 7, (5)欄参照)はわずか28例で, そのうち増加がたしかなものは16例, 減少がたしかなものは12例である。(9)欄に示すように, 信頼度をさげれば例数は増加する。たとえば, 70%信頼度では28例が73例(Fig. 6で大体 $\pm 4R42.6l/s$ のそとのもの)に増加する。以上から変化量が小さい場合は, 信頼性が低い。釜淵の場合と異なり, かならずしも強雨の場合に増加となり, 高い信頼度でそれがたしかであるとはいえそうもない。

T. P. 全般にわたって, 最大増加量および減少量をまとめたのが Table 18 である。2, 3の例外を除いては同じ強度の降雨があっても, 増水開始時の水位が高いほど増加するようで, 他の場合と同じ傾向をもっている。また1連続雨量 P との関係は高度でないこともうかがえる。最大増加量は P_h が8~10mm/hr 以上では, 95%信頼度でたしかな増加(少なくとも10~114%)を示している。ひとつの例外は極端に P が小さい場合である。最大増加率は P_h が10~25mm/hr では少なくとも40~80%, 30~50mm/hr では110~114%の増加を示している。釜淵・2号沢との比較は簡単にはできないが, Fig. 5, 6の対照から $4Q$ と P_h との関係の傾向は, 前述したとおり両流域で相当異なっていることはひとめてよからう。この相違はやはり両流域の地形, 土壌など流域条件の相違によるものと推量される。

V 要 約

1. 林業試験場東北支場山形分場の釜淵森林埋水試験地・2号沢および関西支場岡山分場の竜の口山試験地・北谷の2小試験流域で得られた資料により, 皆伐および皆伐跡地の後生樹草の生育あるいは除去が増水量, 増水ピーク流量に及ぼす影響を検討した。この2小流域の林況, 地況, 気象等は前報告⁴⁾に詳細に述べてあるので参照されたい。

2. 解析方法は前報告⁴⁾と同様であるが, 次に概要を述べる。

まず伐採前の期間を前期(基準)期間(C. P.)とし, 後の期間を後期(処理)期間(T. P.)とした。増水量はほとんど連続した1降雨で出水した総流出量からほぼ基底流出量を差し引き, 流域面積で除して水高(mm)で表わした。また増水ピーク流量は前同様の降雨による増水ハイドログラフの最高流量(l/s)から, 増水開始時の流量を差し引いたものであらわした(Fig. 1, 2)。

C. P. において増水量, 増水ピーク流量を従属変量とし, 伐採の影響を受けない近接地点の降雨因子を

Table 18. 竜の口山・北谷の T. P. における増水ピーク流量の
Maximum amount of increase and decrease in peak discharge for

階級 Class mm/hr	年 Year	最 大 増 加 量 Maximum amount of increase			
		増加量 (95%信頼限界による変動範囲) Increase (95% confidence interval) + ΔQ l/s	増加率 (95%信頼限界による変動範囲) Rate of increase (95% confidence interval) + $\Delta Q/\bar{Q}$ %	一連続雨量 Rain-fall P mm	増水開始直前の水位 Gage height just before runoff rises h_o cm
0~2	—	—	—	—	—
2~4	1947	+ 14.70 [*] (+ 95.46~- 66.06)	+ 973.5 [*] (+ 6321.9~- 4374.8)	19.4	3.7
4~6	1955	+ 35.13 [*] (+ 116.01~- 45.75)	+ 69.7 [*] (+ 230.2~- 90.8)	45.8	5.2
6~8	1955	+ 41.24 [*] (+ 121.99~- 39.51)	+ 110.8 [*] (+ 327.7~- 106.1)	36.9	5.2
8~10	1950	+ 88.16(+ 169.04~+ 7.28)	+ 131.5(+ 252.1~+ 10.9)	52.9	6.8
10~15	1953	+ 146.19(+ 227.56~+ 64.82)	+ 123.7(+ 192.5~+ 54.8)	81.7	3.9
15~20	1946	+ 232.78(+ 314.75~+ 150.81)	+ 140.5(+ 190.0~+ 81.0)	106.7	7.5
20~25	1953	+ 248.31(+ 337.34~+ 159.28)	+ 61.8(+ 83.9~+ 39.6)	237.5	5.9
25~30	1945	+ 12.34 [*] (+ 96.32~- 71.64)	+ 13.3 [*] (+ 104.1~- 77.4)	37.6	10.3
30~40	1948	+ 305.26(+ 387.88~+ 222.64)	+ 149.3(+ 189.7~+ 108.9)	113.5	5.0
40~50	1949	+ 330.91(+ 415.45~+ 246.37)	+ 153.4(+ 192.6~+ 114.2)	113.8	4.8

* 95%信頼度で増加減少が不確かなもの (ただし (1), (2) はそれぞれ
Non-significant increase and decrease at the 95% confidence

独立変量として両者の回帰関係を解析し、回帰式を決定する。独立変量としては1連続雨量 (P), 1時間最大雨量 (P_h), 30分間最大雨量 (P_m), 先行雨量 (10日間: aP_{10} , 7日間: aP_7 , 4日間: aP_4 , 3日間: aP_3 , 2日間: aP_2 , 1日間: aP_1) を採った。

これら独立変量のうちから上記の従属変量とくに関連の深い因子を選び、回帰式を決定した (Table 2)。もし伐採されなかったならば、この関係は T. P. においても適用できるものとして、この回帰式により T. P. における増水量および増水ピーク流量の値を推定し、推定値と実測値との差を求めた。この差と T. P. における林況の変化とを対照し、林況変化とくに伐採の影響を検討した。なお“差”の信頼度を求め、解析結果の信頼程度を示した。

3. 両流域の T. P. における増水量、増水ピーク流量の推定値は Table 4~7の(4)欄に示した。推定値の変動量、実測値と推定値の差および信頼度95%で真の差がふくまれる範囲、差ならびに範囲の推定値に対する割合、推定値に対する変動量の割合はそれぞれ(5), (6), (7), (8)の各欄に示した。なお(9)欄に信頼度90, 80, 70%の場合の“差”の有意性を示した。

4. 増水量の変化

上述の解析結果から両流域の T. P. における増水量の変化 (“差”) は増加と減少に分けられる。減少する場合は両流域とも夏期間に多くおこった。しかし夏期間でも、1連続雨量が多い場合には増加する傾向がみられる。筆者らは前報告⁴⁾において、水年を1単位とした場合に各種流出量は T. P. で増加する傾

最大増加量および最大減少量

treatment period, TATSUNOKUCHIYAMA・KITA-TANI.

最大減少量 Maximum amount of decrease				
年 Year	減少量 (95%信頼限界による変動範囲) Decrease (95% confidence interval) — $\frac{\Delta Q}{l/s}$	減少率 (95%信頼限界による変動範囲) Rate of decrease (95% confidence interval) — $\frac{\Delta Q/\bar{Q}}{\%}$	1 連続雨 量 Rain-fall P mm	増水開始直前の水位 Gage height just before runoff rises h_0 cm
—	—	—	—	—
1955	— 62.66 ^{*(2)} (+18.67~-143.99)	— 78.7 ^{*(2)} (+ 23.5~-180.9)	63.9	5.1
1951	—147.22(-63.43~-231.01)	—73.2 (- 31.5~-114.8)	132.0	6.5
1957	—159.48(-76.47~-242.49)	—81.2 (- 38.9~-123.4)	123.6	4.0
1950	— 74.54 ^{*(1)} (+ 6.73~-155.81)	—63.0 ^{*(1)} (+ 5.7~-131.6)	77.0	4.9
1957	—178.87(-94.95~-262.79)	—70.0 (- 37.2~-102.9)	156.3	5.0
1958	—137.48(-55.24~-219.73)	—71.1 (- 28.6~-113.6)	119.1	3.9
1955	— 60.75 ^{*(2)} (+22.64~-144.14)	—69.7 ^{*(2)} (+ 26.0~-165.4)	43.5	4.6
1954	—185.19(-75.78~-294.60)	—24.6 (- 10.1~- 39.1)	433.0	6.6
1955	— 90.91(- 4.88~-176.94)	—65.1 (- 3.5~-126.7)	65.2	3.5
1948	— 66.34 ^{*(2)} (+20.55~-153.23)	—32.0 ^{*(2)} (+ 9.9~- 74.0)	96.9	4.6

90, 80%で確かなもの)。

coefficient, but (1) and (2) show respectively the significance at the 90 and 80% c.c..

向がみられると報告したが、この場合のように、水年間の流出を1連続降雨ごとに検討すると増減まちまちになるものも、水年を1単位としてこれらの増減を集計すると、増加する結果になるものと推定される。このことは大体年間の総増加分と総減少分の差、その他から説明できるようである。

両流域の変化量と1連続雨量との関係を図示したのが Fig. 3, 4である。変化量のうち増加量は1連続雨量と高い正相関関係がみとめられる。また T. P. において後生樹草の刈払い、焼却(釜淵・2号沢)および後生樹草の自然放置(竜の口山・北谷)による増加量の変化を検討するため、T. P. を釜淵は1949~'52年, 1953~'54年および1955~'58年の3期間に、竜の口山では1946~'49年(ただし1947年を除く), 1950~'54年および1955~'58年の3期間に分けて、それぞれ1連続雨量との回帰関係を求めたのが Table 8, 12である。これらの回帰式の回帰係数、すなわち増加量の1連続雨量に対する増加率は両流域とも伐採直後より数年後の方が大きくなっている。常識的には伐採直後が最も流域状態がわるく、年とともに後生樹草が侵入繁茂するにつれて地被状態が回復するのが普通と考えられる。したがって、伐採直後が最も増加量が大きくなるのが通常と考えられる。釜淵・2号沢では刈払い、焼却などにより後生樹草を積極的に除去しているとはいえ、年間のごく一時的のもので流域状態には大きな変化があったとはいえないことを考えると、この回帰係数の相違は伐採後の植生変化の影響だけを表わすものではないと推察される。さらに両流域とも回帰係数が最も大きい期間にはそれぞれ1連続雨量の大きなものがあり、増加量の変化程度が1連続雨量と正相関にあることを考えれば、この回帰係数間のちがいは主として雨量の多少によるもの

のと思われる。したがって、流域の後生樹草の種々の処理および自然回復による増加量の差を、雨量条件の影響から区別して検討できなかった。しかし、後生樹草の影響が全くないということではなく、おそらくこれも一部加わって上記の係数間のちがいがあらわれたものと推量される。ことに竜の口山・北谷の場合は、わずかではあるが T. P. 後半に、植生回復による影響とみとめられる変化もあると考えられる。

増水量の変化は、増水開始時の水位が低いときは減少、高いときは増加の傾向があることがかなり明りょうにみとめられる (Fig. 3, 4)。この水位はそのときの流域の湿潤状態の好示標と考えられるので、伐採による増水量変化はそのときの流域の湿潤状態にかなり強く左右されるものと考えられる。森林植生除去は比較的流域上層の水分が少ないとき、ことに夏のそのようなときに表層土層のより一層の乾燥をもたらす場合があり、このため減少する場合が生ずるものと考えられる。

T. P. における植生回復による増水量の変化の検討ができなかったので、T. P. 全般にわたって最大増加量および最大減少量を 1 連続雨量の階級別に示した (Table 11, 15)。釜淵・2号沢の場合は 1 連続雨量が 130mm 前後、竜の口山・北谷の場合も 130mm 前後以上になるとすべて増加になっていることが、伐採の大きな影響を示すものとして注目される (Fig. 3, 4)。もちろん、初期水位の高低により増加量の多少があると推量される。このような強雨は例が少ないだけに、これらだけでは一般的に断定することは無理であろう。

また釜淵・2号沢より竜の口山・北谷の方が、最大増加率において大きいことが注目される。これは流域の形状、土壌等地況条件などの相違にもとづくものと推量されるが、ここでは明らかにできない。さらに釜淵よりも竜の口山の方が減少のおこる 1 連続雨量の範囲がせまいこと（前者が約 50mm までに対し、後者は約 100 mm）が注目される。このことは両流域の夏期における乾燥程度の相違を示すものである。

ここで増減量の信頼程度について注意しておく必要がある。すなわち、95%信頼度でみると増減がたしかなのは両流域ともきわめて少ない（もちろん信頼度を少し下げればかなり多くなる）。したがって、以上述べてきたことの信頼性は低いということになるが、しかし増加が確かな場合はいずれも強雨のほとんどの場合をふくんでいることから、本稿で重点目標とする伐採と洪水の関係の検討については、問題はなからう。ただ弱い雨のとき、すなわち変化量が小さいときの上述した傾向については、信頼性がかならずしも高いことを考慮しておく必要がある。

5. 増水ピーク流量の変化

両流域の T. P. における増水ピーク流量の変化（“差”）も、増水量の場合同様、増加と減少に分けられる。増減の季節による傾向は、増水量の場合ほど明らかではない。

増水ピーク流量の変化量と、1 時間最大雨量との関係を図示したのが Fig. 5, 6 である。増水量ほどに両流域の傾向は類似性がなく、釜淵・2号沢の場合は 1 時間最大雨量が 22mm/hr 前後以下では増加あるいは減少がみられ、それ以上では急激に増加する傾向があるようである。これと異なり竜の口山・北谷の場合は、扱われた 1 時間最大雨量の範囲のすべてに増加あるいは減少がある。ただ、増加量の上限は、1 時間最大雨量とともに直線的に増加するようである。ピーク流量の場合にもやはり流域の湿潤状態などが影響しているものと推定される。

釜淵・2号沢は、T. P. の後半には資料がそろわず検討できないが、竜の口山・北谷では 1955 年以降では減少する場合が多くなっていることが注目される。1955 年以降は比較的強雨が少なく、流域の湿潤状態は

その他の年に比較して乾燥している状態が多かったので、このような現象が生じたものと考えられるが、もちろん増水量の場合と同様、植生の自然回復も一部影響しているものと思われる。しかし、この間の事情はここでは検討できなかった。そこで、T. P. 全般にわたって最大増加量および最大減少量をまとめると Table 16, 18のようになった。竜の口山・北谷は、釜淵・2号沢に比較して増加率が大きいことが注目されるが、これは流域の形状、土壌など各種地況条件の相違によるものと推量されるが、ここでは明らかにできない。

増水量の場合同様、増減量の信頼性をみると、やはり95%信頼度で増減が確かなものは両流域ともきわめて少ない（もちろん信頼度を少し下げれば例数はかなり増加する）。したがって、以上述べたことの信頼性は低いことになるが、しかし強雨のほとんどの場合に増加している（ただし、竜の口山・北谷の場合95%信頼度では増加がたしかでないものも多い）ことから、やはり本稿で目標とする伐採と洪水の関係の検討には異論なからう。ただ弱雨のとき、すなわち変化量の小さいときの上述した傾向については、信頼性がかならずしも高くないことは考慮しておく必要がある。

6. 以上釜淵・2号沢および竜の口山・北谷の2小試験流域の資料により森林植生除去が増水量、増水ピーク流量におよぼす影響を検討した結果、次のことが知られた。

a. 森林皆伐により増水量、増水ピーク流量とも大部分の場合増加する。

b. しかし、増水時の流域の湿潤状態いかんにより、減少することもある。すなわち、ある範囲で流域が湿潤している状態で降雨があった時の増水量は増加するが、この反対のときはかえって減少することもある。ただし両流域で、ここに採り上げた範囲では高い信頼度で1連続雨量が130 mm 前後以上になると、流域の湿潤状態に無関係に増水量は増加し、減少する場合はほとんどなく、また釜淵・2号沢の場合1時間最大雨量が22mm/hr 前後以上になると、やはり湿潤状態に関係なく増水ピーク流量は増加し、減少する場合はなかったといえる。いずれにしてもこのような強雨例は少ないから、一般的断定はこんごの多数の研究をまっしてするほかない。もちろん上記いずれの場合も、流域湿潤状態いかんによって増加量には多少を生ずるものと考えられる。

c. 増加する場合、増水量の増加量は1連続雨量の増加とともにほぼ直線的に大きくなり、増水ピーク流量のそれ（釜淵・2号沢の場合）は1時間最大雨量の増加とともに急激に大きくなる傾向がうかがえる。これらのことは、ここに採り上げた範囲での大雨時でも、森林の増水調節効果が大きいことを意味するとも考えられ、重要である。

d. 皆伐跡地の後生樹草の自然回復、その除去など比較的軽度の植生変化の影響については、増水時の降雨条件、流域の湿潤状態を考慮に入れると、明らかにできなかった。皆伐に比べて微弱なこれらの植生変化の影響が大きいことを示すものかもしれないが、今後の研究にまつこととしたい。

e. 増水量、増水ピーク流量の増加率を両流域について比較すると、いずれも釜淵・2号沢のそれより竜の口山・北谷のそれの方が大であった。このことは両流域の地形、土壌等地況条件の相違によるものかもしれない。このことも今後の研究課題のひとつであろう。

f. なお、伐採により増水量および増水ピーク流量が変化する理由の詳細については、既往知識により種々説明されようが、あくまでも推定であり、ここでは主として変化の事実についてのみ述べるにとどめる。

文 献

- 1) HARROLD, L.L., R.B. MARSTON and G.D. SCHWAB: Water conservation research in Ohio. The Ohio Jour. of Science, 63 (2), pp. 49~55, (1963)
- 2) HOOVER, M.D.: Effect of removal of forest vegetation upon water yield. Trans., Am. Geophys. Union, Part 6, pp. 969~975, (1944)
- 3) 丸山岩三・猪瀬寅三: 釜淵森林理水試験第1回報告, 林業試験場研究報告, 53, pp. 1~41, (1952)
- 4) 中野秀章・菊谷昭雄・森沢万佐男: 林況変化, とくに伐採が溪流流出に及ぼす影響 (I) — 水年・豊水・平水・低水・渇水各流出量への影響, 林業試験場研究報告, 156, pp. 1~84, (1963)
Hidenori NAKANO, Akio KIKUYA and Masao MORISAWA: Effects of changes in forest conditions, especially cutting, on runoff (I) — Effects on water-yearly, plentiful, ordinary, low and scanty runoffs. Bulletin of the Government Forest Experiment Station, 156, pp. 1~84, (1963)
- 5) REINHART, K.G., A.R. ESCHNER and G.R. TRIMBLE Jr.: Effect on streamflow of four practices in the mountains of West Virginia. U.S. Forest Service, Research Paper NE-1, 79 pp., (1963)
- 6) 四手井綱英・菅原敬二・片岡健二郎: 有無林地表層土の含水量変化に就て (1報), 林業試験場集報, 60, pp. 31~43, (1951)
- 7) 白井純郎・近藤松一・大原忠一: 竜の口山水源涵養試験第4回報告, 伐採による流量変化の総合的考察, 林業試験場研究報告, 68, pp. 95~117, (1954)
- 8) 白井純郎・星川吉之助: 竜の口山水源涵養試験第5回報告, 主として最大流量の林相別比較について, 林業試験場研究報告, 124, pp. 105~154, (1960)
- 9) 高橋敏男: 山岳水源地からの出水, 赤川洪水調節に関する水理気象学的研究, 山形県治山治水総合調査協議会昭和33年度報告, pp. 7~22, (1959)
- 10) 武田繁後: 年流出量と主なる降雨の増水量に就て (宝川森林治水試験第2回報告), 林業試験場研究報告, 50, pp. 1~96, (1951)
- 11) 玉手三葉寿: 土壌水分と森林及気象要素との関係に就て, 森林治水気象彙報, 12, pp. 41~80, (1932)

Effects of Changes in Forest Conditions, Especially Cutting, on Runoff (II).

—— Effects on storm runoff and peak discharge due to a rainfall. ——

Hidenori NAKANO and Akio KIKUYA

(Résumé)

1. To detect the effects of changes in forest conditions, clear cutting, allowing subsequent regrowth and clearing or burning regrowth on the cut-over area, on storm runoffs and peak discharges, the data from the two experimental watersheds, Kamabuchi・No. 2 and Tatsunokuchiyama・Kita-tani, were analyzed.

The changes in forest condition, physiography and climate on the watersheds have been described in our previous report⁴⁾.

2. The method of analysis used in this paper has been described in the report above mentioned too. The essential points of the method were as follows:

The dependent variables used in analysis naturally were the following runoff factors. The storm runoff (R , mm): the portion of the runoff due to a rainfall almost without a break which was equal to the amount subtracted near base flow from the total flow. The peak discharge (Q , l/s): the instantaneous value in the storm runoff which was the amount sub-

tracted the discharge corresponding to the gage height just before runoff rises from the highest instantaneous discharge in storm hydrograph (Fig. 1, 2).

The following rainfall factors were used as the independent variables which were unaffected by the forest removal. The total amount of a rainfall or the successive rainfall with a little break (P , mm), maximum rainfall per hour (P_h , mm/hr), maximum rainfall per 30 minutes (P_m , mm/30min), 10-, 7-, 4-, 3-, 2- and 1-day period rainfall antecedent to the occurrence of storm runoff (aP_{10} , aP_7 , aP_4 , aP_3 , aP_2 , aP_1 , mm).

The number of data for the period before cutting of both watersheds were shown in Table 1 (1), (2).

The regression relations for the period before cutting (calibration period, C.P.) between the two aforesaid dependent variables and the independent variables that had the more close relation to the corresponding dependent variables were analyzed. The best regression equations obtained were shown in Table 2. Table 3 (1), (2) show the frequency distribution of dependent and related independent variables for C.P. of both watersheds.

By adopting the corresponding independent variables for T.P. (the period after cutting, treatment period) to the equations, storm runoffs and peak discharges for T.P., assuming the forests had not been cut down, were estimated. The estimated values were shown in column (4) together with the corresponding observed values in column (3) in Table 4, 5, 6, and 7. The variations of estimates at the 95 per cent confidence coefficient, the differences between observed values and estimates, the ranges of difference at the 95 per cent confidence interval, the rate of the differences and difference ranges to the estimated values at the 95 per cent confidence interval and the rate of variations to the estimated values were shown in column (5), (6), (7) and (8).

3. The differences or the changed amounts in storm runoffs and peak discharges were compared with changes in forest conditions in connection with the then meteorological conditions, and then the effects of changes in forest conditions, especially cutting, on storm flow were investigated.

(Changes in storm runoffs)

From the results above mentioned, it was made clear that changes in storm runoffs for T.P. of both watersheds were divided into the three groups: "increase", "decrease" and "unreliable", at the 95 per cent confidence coefficient. Most of the "decrease" occurred in summer season on both watersheds. But, when the amount of rainfall was large beyond a certain limit, "increase" mostly occurred even in summer.

Fig. 3 and 4 illustrate the relation between the changed amount in storm runoff and the amount of a rainfall and the initial gage height or the gage height just before the runoff rises, which might be a good indicator for the extent of wetness in watersheds. According to Fig. 3 and 4, when the initial gage heights were high within a certain extent, in other words, the watershed was wet, the changes in storm runoffs came to "increase". On the contrary, "decrease" mostly occurred when the gage height was low. However, as the total amount of a rainfall was more than 130mm, "increase" usually occurred. Considering only the increased amount, the amount was proportional to the amount of a rainfall.

With the foregoing in mind, the effects of the chronological changes in regrowth on the storm runoff were examined. In the first place, the T.P. for Kamabuchi・No. 2 was divided into the three groups, 1949-1952 period (clearing of the regrowth in June and September),

1953-1954 period (burning in April to early in May) and 1955-1958 period (burning in May and July). In the same way, the T.P. for Tatsunokuchiyama・Kita-tani was divided into the three groups, 1946-1949 period (a little regrowth), 1950-1954 period (much regrowth) and 1955-1958 period (the most regrowth). And then the regression relations between the increased amount of storm runoffs and the amount of a rainfall in the respective periods were investigated. The results were shown in Table 8, 12. According to the results, the regression coefficient for the 1949-1952 period on Kamabuchi・No. 2 was smaller than those for the other periods, and the coefficient for the 1955-1958 period on Tatsunokuchiyama-Kita-tani smaller than those for the other periods. These results show that the changes in regrowth had an influence upon those of the increased amount in storm runoff, namely, the increase of regrowth controlled increasing streamflow. But, examining closely the frequency of the rainfalls which were effective in increasing streamflow, it was generally clear that the period with greater coefficient had relatively greater rainfall (Table 9, 13). Consequently it could not be asserted that the slight changes in vegetative condition effected the change in streamflow.

Since we could not make the examination on the effect of vegetative recovery, the maximum amounts of increase and decrease in storm runoff throughout T.P. were shown in Table 11, 15.
(Changes in peak discharges)

The changes in peak discharges for T.P. of both watersheds occurred in the three groups; "increase", "decrease" and "unreliable", at the 95 per cent confidence coefficient as well as in the case of storm runoff.

In this case, owing to the insufficient accuracy of estimation formulas, "unreliables" were more than those of storm runoffs. And the tendency of change with season was not clear.

Since it was considered that peaks had a closer relation to the intensity than the total amount of storm rainfall, we showed the relations between the changes in peaks and maximum rainfall per hour for each class of initial gage height in Fig. 5, 6.

As the case of storm runoff was, the initial gage heights seem to have some relation to the changes in peaks. Namely, in the case of Kamabuchi・No. 2, most of the low gage height were accompanied by "decrease" and conversely most of the high gage height by "increase". However, as maximum rainfall per hour was more than about 20 mm/hr, the changes in peaks were usually in "increase" and suddenly increased with maximum rainfall per hour. In the case of Tatsunokuchiyama・Kita-tani, unlike the case of Kamabuchi・No. 2, "increase" and "decrease" occurred in the total extent of maximum rainfall per hour. However, it was worthy of note that the upper limits of increased amount augmented in proportion to the amount of maximum rainfall per hour.

The effects of chronological changes in regrowth on the peak discharge was examined, but owing to lack of data, we could not make the analysis of Kamabuchi・No. 2. In the case of Tatsunokuchiyama・Kita-tani, it was notice that changes in peaks were mostly "decrease" after 1955. This nearly coincided with the chronological changes in the regrowth. But most of the streamflow in each year after 1955 occurred with relatively weak rainfall and with relatively low initial gage height (Table 14, 17). Consequently, it could not be confirmed that more "decrease" in each year after 1955 were due to the recovery of vegetation.

Maximum amounts of increase and decrease in peaks throughout T.P. were shown in Table 16, 18.