

木曾川低水流量解析について

中部地方建設局

岩 本 利 彦

毛 涯 卓 郎

杉 本 良 作

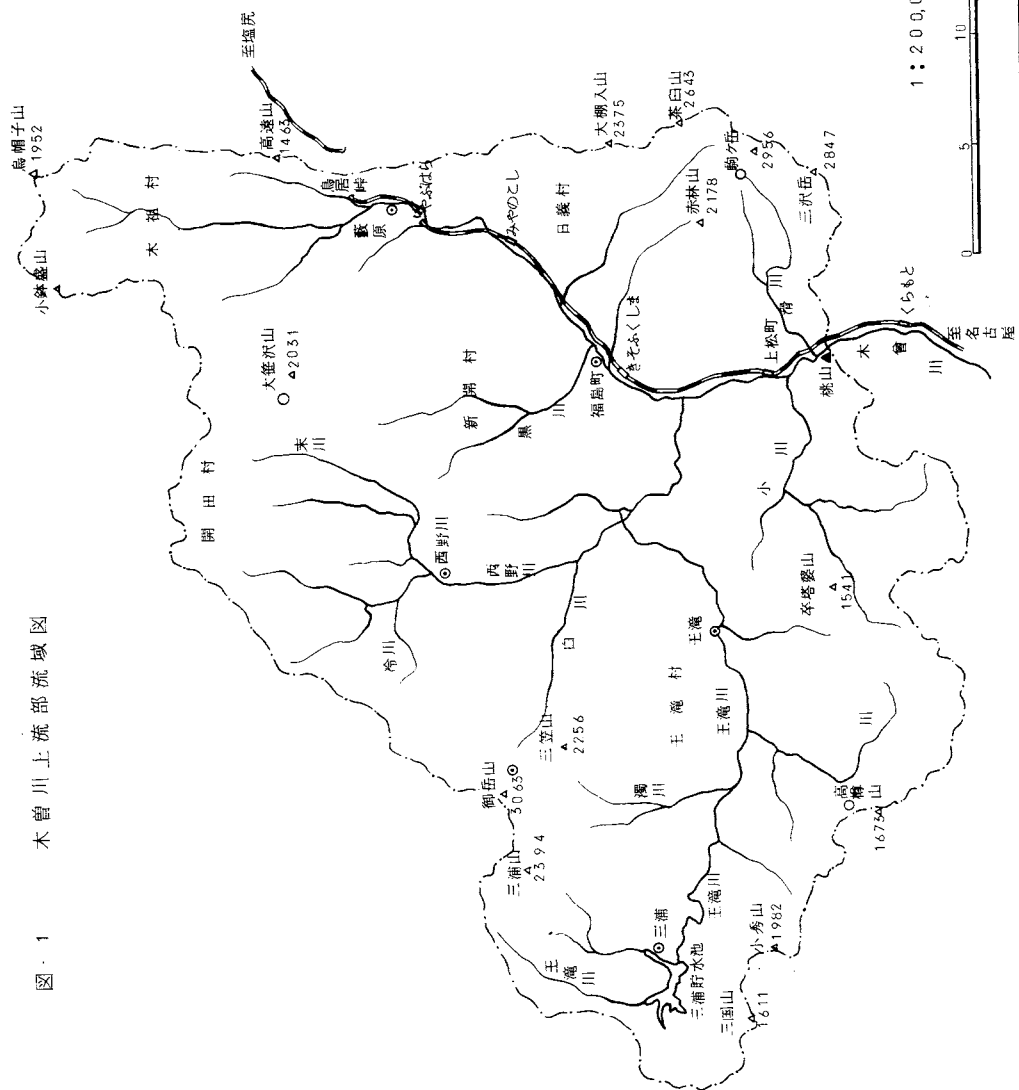
1 はじめに

本報告は、木曾川低水流量解析の一環として、木曾川上流部における低水時の流出量について雨量より推定しようとするものであるが、降雪のない場合は建設省近畿地方建設局猪名川工事々務所で解析しているので、その方法を参考にして、降雪の多い中部山岳地帯の河川への適合性を木曾川について検討したものである。

2 流域の概要

この流域は木曾川の上流部で流域面積 1,060 km^2 の山岳地帯である。御岳山、三国山、高樽山、駒ヶ岳など 3,000 m 級の山々にかこまれ、王滝川、西野川、黒川など 10 支川よりなっている。流域平均海拔高は約 1,400 m でこの地帯はほとんど樹木におおわれている。また三浦ダム、滝越ダムなどがあり発電に利用されている。気候も夏雨が多く、冬は降雪があり、高地のため気温が低く、積雪期間も長い。流域の概要を示すと図—1のとおりである。

• 



3 解析方法

建設省猪名川工事々務所で雨量一流出量解析を行つてゐるが、その基本理論は、菅原正己氏および丸山文行氏の方法によるもので、雨量が流量に与える影響は時間の経過に伴つて指数関数的に低減するという仮説を立てて流域平均月雨量より平均月流量を推定した。

いま流域に X なる量の水が涵養されており、これが指数関数的に流出すると、1 カ月毎に流出する水の量は等比数列をなして減少する。これを $a, ar, ar^2, \dots, ar^n$ ($0 < r < 1$) とするとこの和 $\frac{a}{1-r}$ が涵養された水の量 X に等しくならなければならないから

$$\frac{a}{1-r} = X \quad \text{故に} \quad a = (1-r)X$$

となる。故に X なる水は n 月後に $(1-r)r^n X$ だけ流出する。従つて、ここに月雨の系列 $X_0, X_1, X_2, \dots$ があると、ある月 n における流出は過去の雨量による流出の和として

$$Z_n = (1-r) \sum_{i=0}^{\infty} r^i X_{n-i} \dots \dots \dots (1)$$

となる。菅原、丸山両氏は、この量を流域貯留量と名づけ、これと月雨量とが両対数紙上で直線となることを示したのである。このことは両者が

$$Q_n = A \cdot Z_n^B \dots \dots \dots (2)$$

で表わされることを意味する。

本解析ではこの方法を基礎にして、雪どけの影響を検討した。

3-1 流域平均雨量

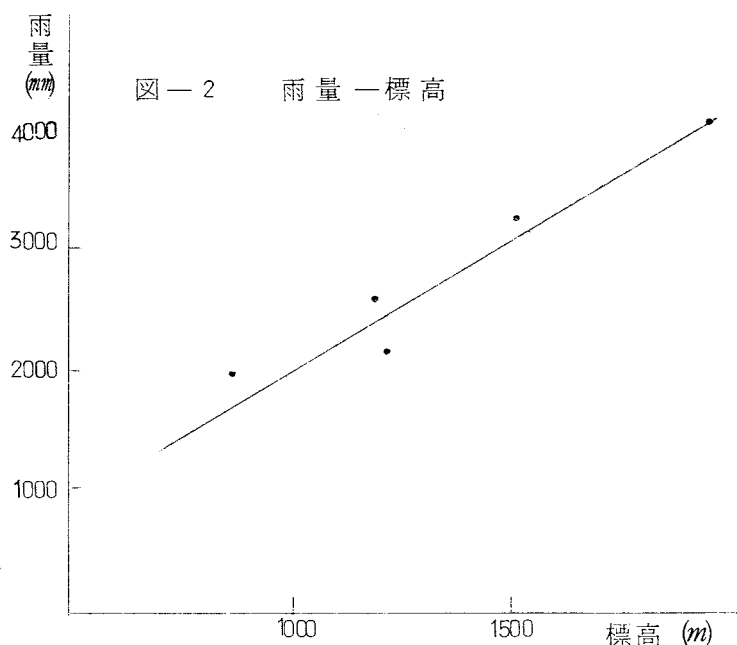
流域内の雨量観測所は表-1のとおりである。図-1からもわかるよう

に雨量観測所は比較的一様に分布しているが、この流域は平均海拔高が高く、積雪が多い。御岳山を除く他の雨量観測所は山間部の平均にある。降雨量の多い山

表-1 雨量観測所

河川名	観測所	位置	種別	摘要
木曾川	藪原	標高(m) 980	普通	
"	福島	760	"	
西野川	西野川	1042	"	
王滝川	三浦	1304	"	
"	王滝	875	"	
白川	御岳	2420	ロボット	

間部を平均の観測資料で代表させることは、実状に合わないの
で、図一 2 により、大笹山、高
樽山、駒ヶ岳の
雨量を推定し、
9カ所の観測所
からティーセン
法により流域平
均雨量を求めた。
ティーセン法に
よる雨量観測所



のウェイトは表一 2 のとおりである。雨量一標高の関係は流域内の雨量観測所のデータより求めた。

3-2 流域蒸発量

流域内の中央部に属する西野川観測所に蒸発計による実測記録がある。表一 3 のとおりである。相当過大の値がでているので、理論式よりチェックする。

流域内には、降水量と温度の記録しかないので、水収支を基礎とした方法よりチェックする。

降水量 $\overline{P}$ 、流出量 $\overline{O}$ 、他流域よりの流入量 $\overline{I}$ 、蒸発量 $\overline{E}$ 、流域に貯留された水量の変化を ΔS とすると、

$$\overline{P} = \overline{O} - \overline{I} + \overline{E} + \Delta S \quad (3)$$

が成立し、流入量を 0 とし、比較的長期間をとつたことにより ΔS を無視すると

表一 2 ティーセン法によるウェイト

観 測 所	ウ エ イ ト
三 浦	0.113
西 野 川	0.082
藪 原	0.084
王 滝	0.160
福 島	0.193
大 笹 沢 岳	0.153
御 岳 山	0.093
高 樽 山	0.059
駒 ケ 岳	0.063

$$\bar{E} = \bar{P} - \bar{O} \quad \dots \quad (4)$$

となる。又 Turc は 254 の流域の水収支を調査して、

$$\bar{E} = \frac{\bar{P}}{\sqrt{0.9 + \frac{\bar{P}^2}{[L(t)]^2}}} \quad \dots \quad (5)$$

但し、 $\frac{\bar{P}^2}{[L(t)]^2} < 0.1$ ならば $\bar{E} = \bar{P}$
 $L(t) = 300 + 25t + 0.05t^3$

を得ており、

この 2 方法よ

り蒸発量を求

めると表—4

のとおりであ

る。実測値、

水収支法、

Turc 法とも

相当差異があ

るので、一応

平均の値とし

て水収支法で

求めた値を採

用した。

3—3 雪どけ

量

この地域は、

冬期にはかな

りの積雪をみ

る。このよう

な地域におい

ては、流出量

の検討する上

に、積雪、雨

表—3 西野川観測所の実測値

期 間	降水量($\bar{P}$)mm	流出量($\bar{O}$)mm	蒸発量($\bar{E}$)mm	$\bar{P} - \bar{O} - \bar{E}$
33年	2980.6	2172.2	908.2	-99.8
34年	3278.9	2418.7	985.6	-125.4
35年	2588.5	1830.0	1064.7	-306.2
36年	3047.0	2151.4	943.0	-47.4
37年	2337.6		1079.0	

表—4 水 収 支 法 (1)

期 間	降水量($\bar{P}$)mm	流出量($\bar{O}$)mm	蒸発量($\bar{E}$)mm	$\bar{P} - \bar{O} - \bar{E}$
33年	2980.6	2172.2	808.4	0
33年	3278.9	2418.7	860.2	0
35年	2588.5	1830.0	758.5	0
36年	3047.0	2151.4	895.6	0
37年	2337.6			

Turc 法 (2)

期 間	降水量($\bar{P}$)mm	流出量($\bar{O}$)mm	蒸発量($\bar{E}$)mm	$\bar{P} - \bar{O} - \bar{E}$
33年	2980.6	2172.2	567.7	+240.7
34年	3278.9	2418.7	678.9	+181.3
35年	2588.5	1830.0	602.0	+156.5
36年	3047.0	2151.4	564.3	+331.3
37年	2337.6		570.1	

どけの影響を無視することはできない。そこで雨どけの影響を加味して検討するのであるが、雨どけに関する理論熱力学を基礎とした Wilson の方法がある。

雪どけの速さを推定する量として、一日平均気温の氷点以上の数値の積算で示される。すなわち、気温と雪どけ量の関係は、氷点以上の気温の度日 (degree day) に比例する。

$$D = a T \cdot C \quad \dots \dots \dots (6)$$

D : 雪どけ量 a : 常数
T : 氷点以上の気温 C : 日数

このことは、雪どけ量が気温だけの関数であると仮定したものであるから、大きな信頼度があるとはいえない。しかし積雪地方では他の資料を集めることは困難であるから、他の理論を用いても大差はない。Wilson は雪どけに効果をもたらす熱源として、(a) 空気からの熱伝導、(b) 土地からの熱伝導、(c) 温い雨、(d) 太陽天空からの輻射、(e) 対流、乱流による熱交換、(f) 空気中の水蒸気の凝結による潜熱等を考え検討しているが、本解析では、雪どけ量は気温と日数だけの関数であると仮定した。積雪があるときでも河川流量の増加がみられるので、積雪の一部分は直ちに流出して表われると考えられる。そこで積雪のうち降雨と同様直ちに流出する分と、雪として残り、温度上昇により徐々に流出する分とを分ける必要がある。

降雨量 A の時の流出量 B、基底流量 C とし、積雪量が降雨量と同じ A の時の流出量 B' とすると、積雪のうち降雨と同様直ちに流出する分 (Q₁) と考えられるのは

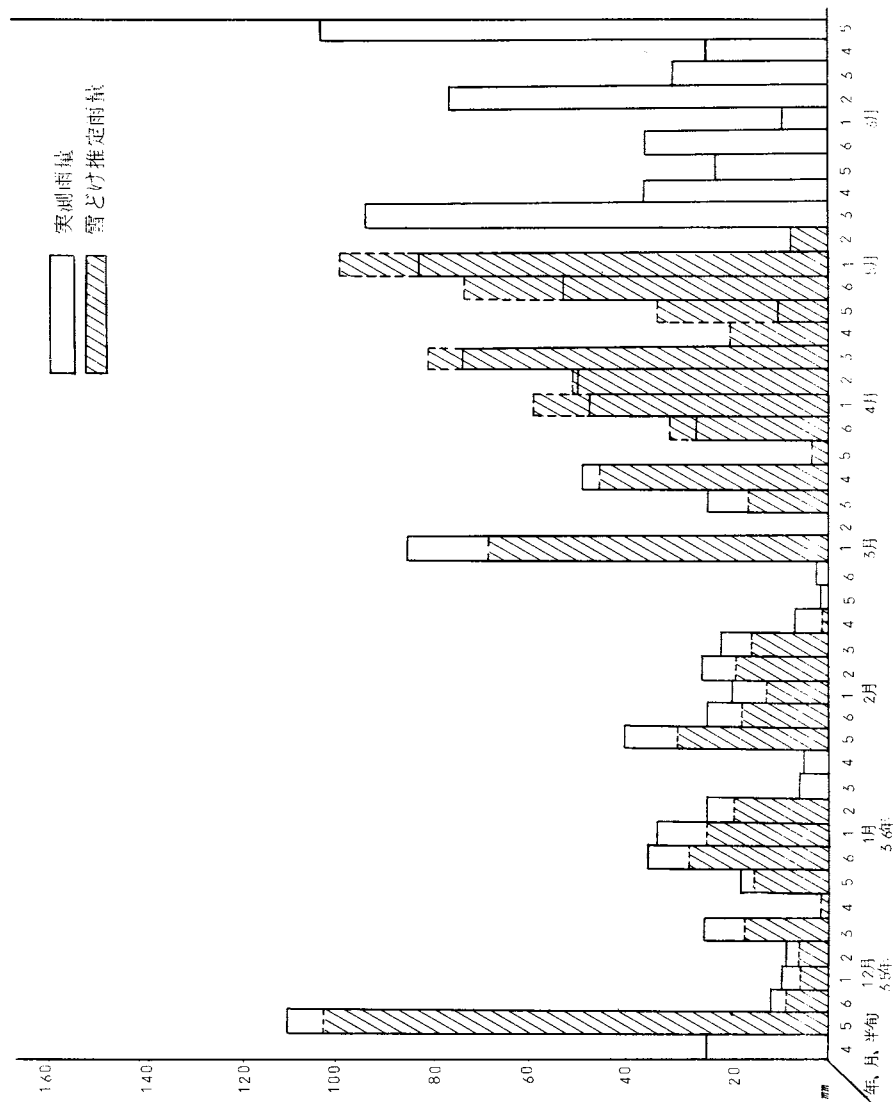
$$Q_1 = \left(\frac{B - C}{B' - C} \right) \cdot A \quad \dots \dots \dots (7)$$

である。又、雪として残る分 Q₂ は

$$Q_2 = \left(1 - \frac{B - C}{B' - C} \right) \cdot A \quad \dots \dots \dots (8)$$

である。そこで $\frac{B - C}{B' - C}$ の値を流域内のデータより夏期と冬期の降雨量より比較検討した結果、約 30 % と推定される。残りの 70 % が雪として残る量である。積雪量と温度より雪どけ量を、(6) 式より求めるのであるが、常数 a は一般に 0.058 ~ 0.41 (注 1) とされており、積雪開始期より消雪期までの D と T より算出し、a = 0.1 とした。実際の降雨量と雪どけを考慮に入れた降雨量を示すと、図 - 3 のとおりである。

【図】 3 実測雨量と雪どけを考慮した推定雨量



3-4 流 量

桃山地点の実測流量を使用した。昭和35年および昭和36年の流量を示すと、表-5のとおりである。

表-5 桃山地点の実測流量 (単位 m^3/s)

35年	1半旬	2半旬	3半旬	4半旬	5半旬	6半旬
1月	37.9	39.3	36.3	36.5	31.5	30.8
2月	30.7	29.6	28.2	27.7	27.8	29.9
3月	27.6	27.5	31.6	55.5	48.1	69.7
4月	55.4	54.6	98.4	65.4	52.9	49.8
5月	47.6	60.5	67.4	104.3	65.0	73.8
6月	47.5	38.5	35.0	33.3	296.2	119.0
7月	127.1	90.4	52.9	40.7	38.7	41.6
8月	36.4	63.6	387.1	91.2	50.4	75.5
9月	69.9	118.9	100.9	108.5	72.9	72.1
10月	48.5	47.5	37.5	52.2	36.6	38.0
11月	31.8	31.0	29.7	31.1	99.6	57.0
12月	39.2	43.5	38.5	32.5	33.8	28.3

36年	1半旬	2半旬	3半旬	4半旬	5半旬	6半旬
1月	34.9	32.1	28.8	29.0	30.0	27.7
2月	26.5	31.7	26.6	25.5	26.0	27.4
3月	88.8	50.1	38.9	75.4	49.2	41.5
4月	94.3	135.9	136.7	113.2	60.6	76.9
5月	137.2	78.8	127.2	69.9	62.6	114.3
6月	57.3	77.6	56.6	57.1	112.5	685.2
7月	372.5	159.7	90.0	64.0	58.9	58.2
8月	53.2	54.3	40.7	49.9	43.4	44.8
9月	37.3	34.9	82.6	72.3	40.4	40.4
10月	42.9	111.4	50.4	56.8	86.1	45.8
11月	36.9	34.2	29.8	43.5	58.7	52.0
12月	39.9	34.9	34.5	44.1	41.4	34.0

注1) 新河川学(野満隆治著地人書館)による。

4 流出量解析

4-1 雨量と流出量

雨量のみによる流出量は、(1)式より求めるのであるが、 $(1-r)$ は実際上意味をもたないので、

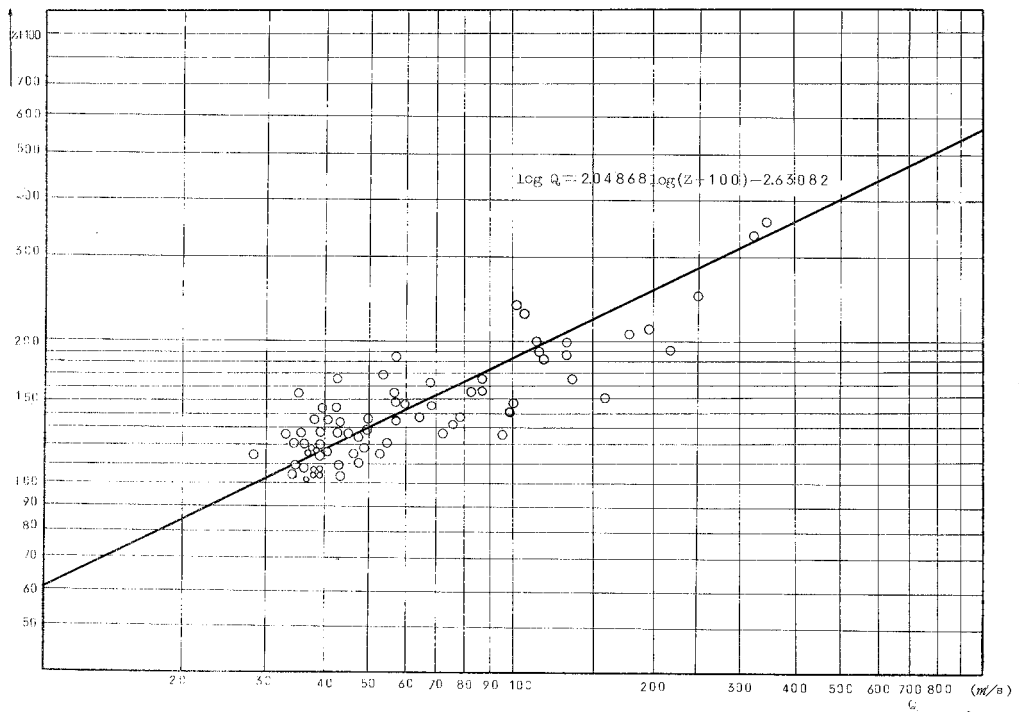
$$Z_n = \sum_{i=1}^n r_i X_{n-i+1} \dots \dots \dots (9)$$

により求めた。一般に $r = 0.25 \sim 0.35$ (注2)であるが、流量の対数値と流域貯留量の対数値との相関係数の検討をして最も適合する r を求めると、 $r = 0.30$ のとき相関係数は 0.9585 である。 Q と Z との関係は (図-4) (10)式のとおりである。

$$\log Q = 2.04868 \log (Z + 100) - 2.63082 \dots \dots (10)$$

注2) 菅原、丸山氏：流出に関する研究

図 4 雨量と流量の関係



4-2 雨量、蒸発量、基底流量と流出量

4-1の方法に蒸発量と基底流量を加えたもので、降雨量－蒸発量＝有効雨量として、有効雨量より(9)式により求めた。

基底流量については、日流量より推定して $25 \text{ m}^3/\text{s}$ と推定した。 Q と Z との関係は(図-5)

$\log Q = 2.09252 \log(Z + 100) - 2.61212 \dots \dots (11)$
である。

図-5 蒸発量と基底流量を考慮した場合

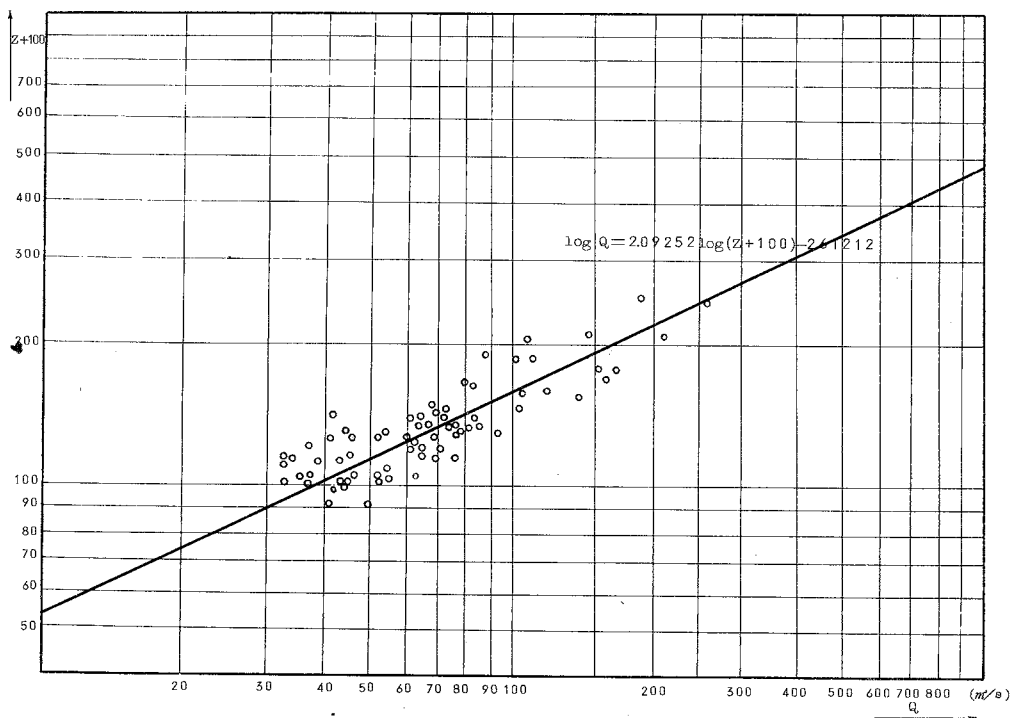
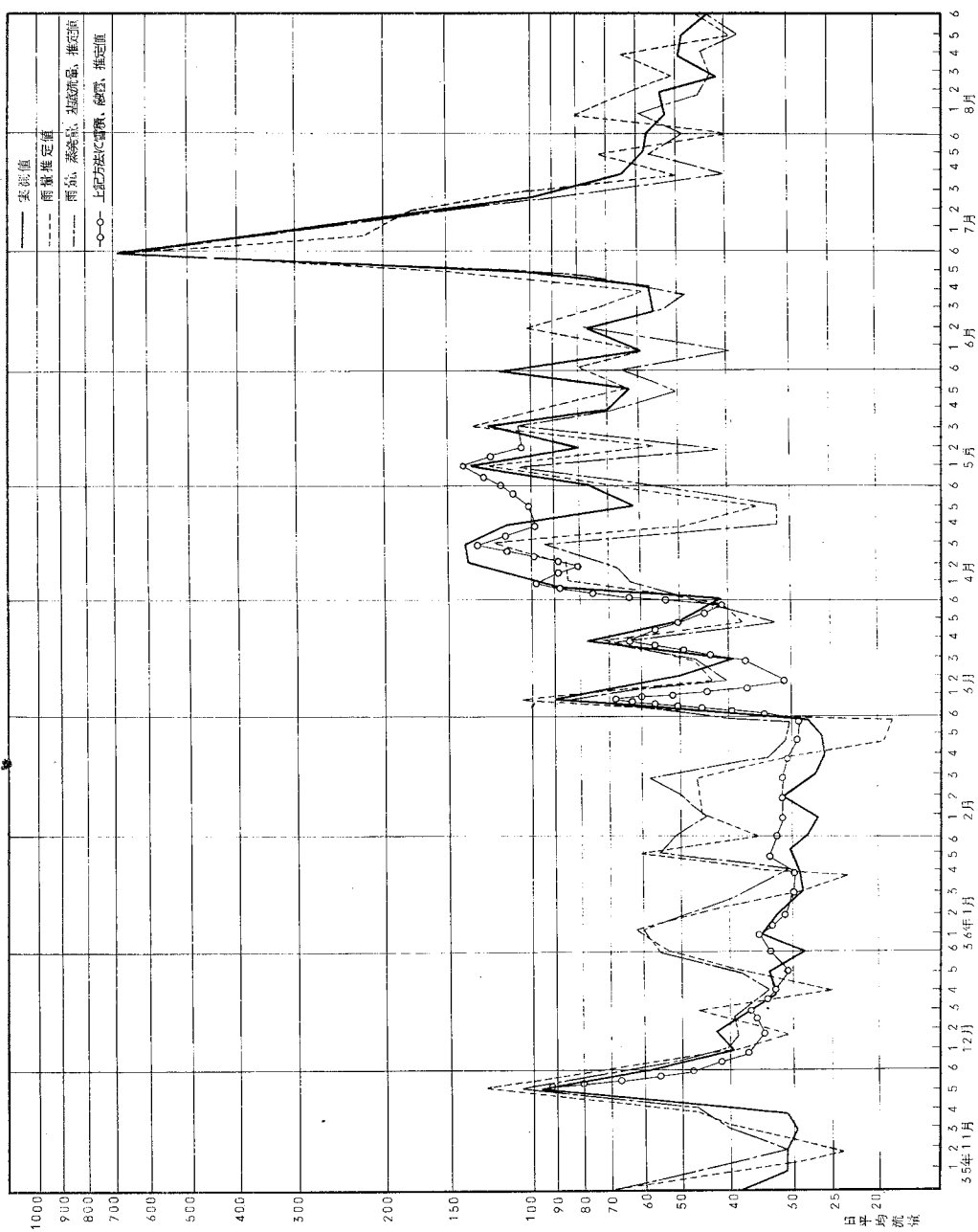


図-6 突湖流量と推定流量



4-3 雪どけを考慮した場合

4-2の方法に雪の要素を加えたもので、積雪期から雪どけ期までの降雪自体の直ちに流出する量は先に述べたとおり30%とし、残り70%が温度の上昇により流出するものとした。

雪どけ量は(6)式より求め、積雪量を雨量に換算して流出量を求めたものである。その関係は図-6に示すとおりである。

5 結 語

以上のように3方法について検討したのであるが、雨量と流出量の相関係数をとつてみると、各々、0.946、0.975、0.986になり雪どけを考慮した場合が最もよい。冬期渇水期についてのみ、比較検討してみると、0.835、0.861、0.951となり、冬期積雪のある地方では、雪どけを考慮に入れる必要のあることを示している。

利水計画上問題となるのは渇水期の流況であり、今後の開発は、農業用水は現状維持か、口等により、需要水量はほとんど変わらない。それに反して、夏期、冬期間わす常時一定量必要とする工業用水、上水道水の需要水量の増加が予想され、そうすると、冬期の渇水期の流況が重要になつて来るのである。

図-6でもわかるように、冬期降雪のある地方においては、雪の影響を考慮に入れなければならない。

6 あとがき

本報告は、現在検討を始めたところであり、解析の途中であること、紙面の都合により満足する報告ができなかつた。

参 考 文 献

- 1 野満隆治、瀬野蔵錦：新河川学
- 2 猪名川工事々務所：猪名川上流における低水流量の解析について
- 3 山本三郎：河川工学
- 4 末松 栄：河川工学便覧
- 5 川口武雄：森林物理学気象編