

— 145 —

次に公認水利
 水量として基準
 測水所地点で集
 計したものを表
 一に示した。
 農業用水は代播
 期5月、普通期
 6～8月と仮定
 し、上工防火用
 水は一年間一定
 量取水するもの
 として月別に集
 計してある。

表-2 月別公認水利水量表

(注) 農業用水代播期は5月普通期は6～8月と仮定

流域名	流域面積 (km ²)	水田面積 (km ²)	農業用水		工業用水 (m ³ /s)	防火用水 (m ³ /s)	上水道 (m ³ /s)	月 水 量 (m ³ /s)											
			代播期 5月	普通期 6～8月				1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
中斐別	1082.5	33.7	4.86	4.09	—	—	—	—	—	—	—	4.86	4.09	4.09	—	—	—	—	—
加橋残流域	834.7	24.7	70.20	58.04	3.00	0.51	0.41	3.92	3.92	3.92	3.92	74.12	61.96	61.96	3.92	3.92	3.92	3.92	3.92
九曲	1917.2	275.4	75.06	62.13	3.00	0.51	0.41	3.92	3.92	3.92	3.92	78.78	66.05	66.05	3.92	3.92	3.92	3.92	3.92
既橋	298.0	12.8	20.25	14.70	—	—	—	—	—	—	—	20.25	14.70	14.70	—	—	—	—	—
西神楽	645.0	59.7	14.40	11.91	—	0.96	0.01	0.97	0.97	0.97	0.97	153.71	12.88	12.88	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97
伊納	518.4	175.2	24.55	21.07	—	0.28	0.52	0.80	0.80	0.80	0.80	25.35	21.87	21.87	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
伊納	3378.6	523.2	34.26	109.81	3.24	1.75	0.94	5.93	5.93	5.93	5.93	140.19	115.74	115.74	5.93	5.93	5.93	5.93	5.93
別川上流	43.1	12.7	30.69	24.90	—	0.18	—	0.18	0.18	0.18	0.18	30.87	25.08	25.08	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
別川合流	9.0	1.7	13.70	12.50	0.24	1.75	0.94	2.93	2.93	2.93	2.93	16.63	15.43	15.43	2.93	2.93	2.93	2.93	2.93
面神橋	78.0	27.6	2.67	1.89	—	0.96	0.01	0.97	0.97	0.97	0.97	3.64	2.86	2.86	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97
西一込	148.6	5.6	3.58	3.01	—	0.82	—	0.82	0.82	0.82	0.82	4.40	3.83	3.83	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82
大正橋	66.3	35.3	8.75	2.07	0.24	—	0.52	0.76	0.76	0.76	0.76	9.51	2.83	2.83	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76
江都	249.4	—	0.33	0.25	—	—	—	—	—	—	—	0.33	1.25	0.25	—	—	—	—	—

伊納流域では
 大小の取水位置
 を含めて約140ヶ

所ある。ここで農業用水量について注目すると代播期(5月)約13.4%、普通期(6～8月)約11.0%と大きな取水水量であるが、農業用水は還元回復されるので当然大きな値となる、というものである。

2 流出のモデル

石狩川上流域では上流から下流にゆくに従って多量の用水が反復利用されているが、上流の自然河川の流出と下流の開発された流域の河川の流出はそれぞれ異なる。流出機構を述べることが明らかである。従来までの低水流出計算では基準測水所地点で流出モデルを考えた流出予測を行っているものであるが、広い流域を有する河川では上述のような流出機構の特性は平均化されたものとして表わすことになる。そこでそれぞれの流域の特性を表現する方法としてここでは流域面積を分割し、分割した流域に流出モデルを考えた流域特性の条件を与えて流出量を合計する方法を検討することにした。すなわち、任意地点の流出の予測についても同様の手法とする。

流出の基本モデルは図-2に示した直列4段のタンクモデルとし、流出量は

$$Q = Q_0 - Q_s \quad (1)$$

とする。すなわち、タンクの流出量から流出した流出量 Q_0 から減水果(減水深、上工防火用水を含めたもの)を差引いた値を懸案地点の Q とする。 Q_s は地下浸透高さと蒸発散量に大別し一定の Q_R を各段目のタンクに還元する流出機構とする。基準測水所地点が増加する毎に図-2のモデルを並列に並べた流域の流域面積比を乗じて流出量を合計する。

例えば、図-1の旭橋基準測水所地点の流出量の計算は、あらかじめ単流域である中斐別基準測水所地点のモデルを考えたタンクモデルの定数値を決めておき、次に旭橋残流域にもう一つ図-2と同様のモデルを並列に並べ残流域のタンクモデルの定数値を決める。流出量

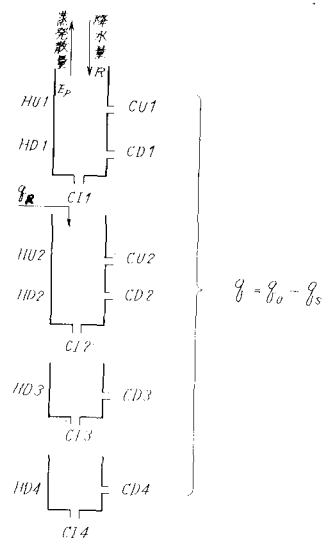


図-2 タンクモデル

はそれぞれ流域面積比を乗じた合計量とする。また、任意地点の受別川上流地点の流出量は、中受別基準測水所と旭橋残流域のタンクモデルの乗数とをそのまま用い受別川上流地点の残流域の面積比、中受別の面積比をそれぞれこのモデルから流出した流出量に乘じて合計したものを受別川上流地点の流出量とする。このように基準地点が1つ増す毎に図-3のモデルを並列に並べてゆき逐次残流域のモデルの定数を求めてゆく方法である。この流域特性を充分考慮することが可能となる。

表-3 降水量割増係数 α 表 上段： α ($\times 10^{-4}$)
下段：()内は平均

流域	年	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
中受別	40	6.80	13.20	22.40	22.40	22.40	22.40	8.40	8.40	5.20	0	0	0
	41	6.80	8.40	13.20	13.20	22.40	22.40	5.20	5.20	2.60	0	0	0
	42	6.80	8.40	13.20	13.20	22.40	22.40	5.20	5.20	2.60	0	0	0
	43	6.80	8.40	13.20	22.40	22.40	22.40	5.20	5.20	2.60	0	0	0
	44	6.80	8.40	13.20	22.40	22.40	22.40	5.20	5.20	2.60	0	0	0
	45	6.80	8.40	13.20	22.40	22.40	22.40	5.20	5.20	2.60	0	0	0
晩橋	40	6.80	8.40	13.20	13.20	22.40	22.40	22.40	22.40	2.60	0	0	0
	41	6.80	8.40	13.20	13.20	22.40	22.40	22.40	22.40	2.60	0	0	0
	42	6.80	8.40	13.20	13.20	22.40	22.40	22.40	22.40	2.60	0	0	0
	43	6.80	8.40	13.20	13.20	22.40	22.40	22.40	22.40	2.60	0	0	0
	44	6.80	8.40	13.20	13.20	22.40	22.40	22.40	22.40	2.60	0	0	0
	45	6.80	8.40	13.20	13.20	22.40	22.40	22.40	22.40	2.60	0	0	0
西神楽	40	6.80	13.20	22.40	22.40	22.40	22.40	8.40	8.40	5.20	0	0	0
	41	6.80	13.20	22.40	22.40	22.40	22.40	8.40	8.40	5.20	0	0	0
	42	6.80	13.20	22.40	22.40	22.40	22.40	8.40	8.40	5.20	0	0	0
	43	6.80	13.20	22.40	22.40	22.40	22.40	8.40	8.40	5.20	0	0	0
	44	6.80	13.20	22.40	22.40	22.40	22.40	8.40	8.40	5.20	0	0	0
	45	6.80	13.20	22.40	22.40	22.40	22.40	8.40	8.40	5.20	0	0	0
旭橋残流域	40	6.80	13.20	22.40	22.40	22.40	22.40	8.40	8.40	5.20	0	0	0
	41	6.80	13.20	22.40	22.40	22.40	22.40	8.40	8.40	5.20	0	0	0
	42	6.80	13.20	22.40	22.40	22.40	22.40	8.40	8.40	5.20	0	0	0
	43	6.80	13.20	22.40	22.40	22.40	22.40	8.40	8.40	5.20	0	0	0
	44	6.80	13.20	22.40	22.40	22.40	22.40	8.40	8.40	5.20	0	0	0
	45	6.80	13.20	22.40	22.40	22.40	22.40	8.40	8.40	5.20	0	0	0
伊納残流域	40	6.80	13.20	22.40	22.40	22.40	22.40	8.40	8.40	5.20	0	0	0
	41	6.80	13.20	22.40	22.40	22.40	22.40	8.40	8.40	5.20	0	0	0
	42	6.80	13.20	22.40	22.40	22.40	22.40	8.40	8.40	5.20	0	0	0
	43	6.80	13.20	22.40	22.40	22.40	22.40	8.40	8.40	5.20	0	0	0
	44	6.80	13.20	22.40	22.40	22.40	22.40	8.40	8.40	5.20	0	0	0
	45	6.80	13.20	22.40	22.40	22.40	22.40	8.40	8.40	5.20	0	0	0

3. 計算結果と考察

流出モデルに代入する流域特性は次のものを考える。

① 降水量の高度分布

流域の降水量分布は高度に直線比例するものと仮定し次式によるものとする。

$$R_h = R_0(1 + \alpha h) \quad (2)$$

ここに

R_h : 任意高度の日降水量 (mm/day)

R_0 : 基地局の日降水量 (mm/day)

α : 降水量割増係数

h : 基地局と任意高度の高度差 (m)

α は繰返し計算によって求めたが、計算結果は表-3に示した。表より年と月によって異なるが、流域平均降水量が西神楽の昭和47年と、3月が基地局降水量の3.17倍になつており山間部の流域面積が多い中受別、晩橋、西神楽が降水量が多い。

② 温度の高度分布

高度が高くなるに従つて温度が低くなるが高度に直線比例するものと仮定し次式によるものとする。

$$T_h = T_0 - \beta h \quad (3)$$

ここに T_h : 任意高度の日平均気温 ($^{\circ}\text{C}$) T_0 : 基地局の日平均気温 { 主(最高+最低) } ($^{\circ}\text{C}$)

β : 温度递减係数 ($^{\circ}\text{C}/100\text{m}$) $0.6(^{\circ}\text{C}/100\text{m})$ とする。

③ 融雪量

積雪融雪期には気温が 0°C 以下の場合積雪として流域に貯留され、 0°C を超える場合は融雪水として流出するが融雪量下式によるものとする。

$$M_h = f \cdot DH \quad (4)$$

ここに M_h : 融雪量 (mm/day)

f : デクリアワーファクター ($\text{mm}/^{\circ}\text{C}/\text{hr}$)

DH : デクリアワー ($^{\circ}\text{C}/\text{hr}$)

図-3に旭川地方気象台の日平均気温とDHの関係が求めたものであるが次式の関係が得られる。

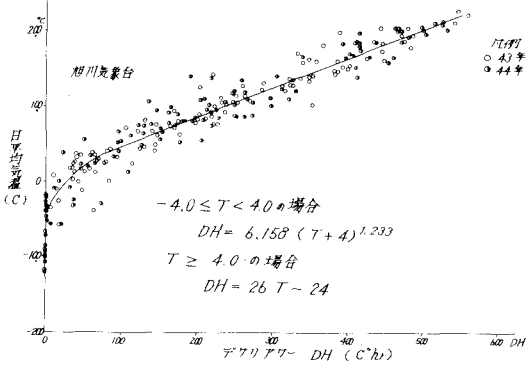


図-3 日平均気温とデクリアワーの関係

$$DH = Z_{6T_n} - Z_{40}$$

融雪最盛期 4. 5月のすは：山口、長谷川が当該流域を求めたところ $f=0.10 \sim 0.13$ 程度であったが、表-4の計算結果によれば $f=0.15 \sim 0.30$ であり大きな差違がある。この相違の大きな原因として日平均気温EDHに变换すると(5)で近似していること、地帯分割を高度 200m にしているためと推定される。また、デグリーデイファクター $m(^{\circ}\text{C}/\text{day})$ に換算すると 表-5 高度別面積表

(面積の単位は km^2)

(面积/平方厘米)															
高度	中梁			侧梁			西神梁			担梁			伊纳线流式		
	重心高度 (mm)	面模 (KPa)	面模比 (%)	重心高度 (mm)	面模 (KPa)	面模比 (%)	重心高度 (mm)	面模 (KPa)	面模比 (%)	重心高度 (mm)	面模 (KPa)	面模比 (%)	重心高度 (mm)	面模 (KPa)	
0 ~ 200	100	0	0	130	2.3	0.008	150	2.6	0.040	150	2.4	0.267	150	3.2	0.631
200 ~ 400	350	38.8	0.036	270	33.6	0.113	300	26.7	0.408	270	33.4	0.451	280	160.8	0.310
400 ~ 600	510	161.8	0.140	500	33.2	0.111	490	144.9	0.225	430	191.9	0.230	480	221.0	0.052
600 ~ 800	670	248.2	0.223	710	31.2	0.105	700	91.4	0.162	620	70.6	0.084	690	3.5	0.007
800 ~ 1000	830	236.3	0.218	820	35.4	0.118	900	42.8	0.066	870	19.1	0.023			
1000 ~ 1200	1070	153.2	0.142	1100	33.0	0.111	1100	27.6	0.063	1080	4.0	0.005			
1200 ~ 1400	1290	126.6	0.117	1300	29.8	0.098	1300	23.9	0.037	1300	0.1	0			
1400 ~ 1600	1490	65.2	0.060	1380	24.6	0.116	1490	18.0	0.028						
1600 ~ 1800	1690	26.7	0.033	1700	36.9	0.124	1680	7.9	0.012						
1800 ~ 2000	1870	21.0	0.019	1870	19.3	0.065	1920	2.1	0.003						
2000 ~ 2200	2080	6.2	0.006	2140	8.7	0.029	2000	0.2	0						
2200 ~ 2400	2300	0	0	2200	0.5	0.002	2300	0	0						
合计		1082.5	100		278.0	100		645.0	100		834.7	100		518.4	100

必要なものが上記の $\beta = 0.6(^{\circ}\text{C}/100\text{m})$ を用いる。

表-6 月別計算減小深還元水深表

⑥ 減水深

当該流域では前述のように農業用水の他に
上工防火用水がある。そこで後者の用水も農
業用水と同じ考えに立って減水深として取り
扱うことにする。計算は表一スに示した公認
水利権をそのまま用いることはできないが、
水利権量が大きいことは減水深も大きいこと

が想定されるので表一この水利権の80%を減水深 h_2 (表一6の上段参照)とし、還元水深は6月15日～8月末までの h_2 の45～70%程度とする。これは用水配分を考慮して懸案地 h_2 までに還元してこない場合に小さくする。他の日100%を還元すると仮定して表一6のように決めて計算した。表より既橋の減水深は普通期で約0.3mと

は、というが、他の流域では約7~13 mm程度である。

① 基地局の気温・降水量

流域の気温・降水量を代表する基地局と流域の関係を表-7とする

計算は図-1の最上段タンクへ前日の雨量または融雪量を代入する。この場合日平均気温が-4.0

℃以下のときは降水量は降

表-8 タンクの乗数孔表

流域名	CU1	CD1	CI1	CU2	CD2	CI2	CD3	CI3	CD4	CI4	HU1	HD1	HU2	HD2	HD3	HD4
中 変 別	0.1600	0.1300	0.2300	0.0500	0.0300	0.1000	0.0150	0.0150	0.0015	0.0005	60.0	10.0	50.0	10.0	15.0	5.0
晚 橋	0.1400	0.1000	0.2700	0.0400	0.0300	0.1200	0.0150	0.0150	0.0020	0.0005	60.0	10.0	30.0	15.0	10.0	5.0
西 神 楽	0.1400	0.1000	0.2300	0.0600	0.0400	0.1200	0.0200	0.0200	0.0022	0.0000	60.0	15.0	40.0	5.0	15.0	0.0
旭橋残流域	0.1600	0.1000	0.2300	0.0500	0.0300	0.1000	0.0110	0.0110	0.0012	0.0003	60.0	10.0	50.0	15.0	15.0	5.0
伊納残流域	0.2000	0.1100	0.2000	0.0300	0.0300	0.1000	0.0200	0.0200	0.0022	0.0000	60.0	15.0	70.0	15.0	15.0	0.0

す。また、積雪水量がめると

それは融雪量としてそれぞれ最上段タンクへ入れる。流域の損失量は蒸発散量のみを考え、最上段タンクから順次下段タンクに、(3)式で求めた蒸発散量の分だけ差引くことにしている。基地局降水量が0.5 mm/day以上のときは(3)式の左辺を差引いた、これは降水量、融雪量、蒸発散量はいずれも高差別面積比を乗じてはいわゆる流域平均の値を用いている。

上述の①~④の流域特性、タンク貯留高の初期値、タンク乗数孔の大きさ等種々受て繰返し計算した結果表-8のタンクの乗数孔を得ることができた。計算年数は昭和40~45年の6ヶ年間、各基準測水所について行ったものである。そのうち代表的ものを図-4に示した。図より融雪初期はもう少しを大きくとることが必要である。9月以降は還元水の影響して低水準が大きくなってきているのと同時に降水量ももう少し小さくし、小さくし、11月以降は降水量を大きくし、12月以降は還元水の影響がある。統体的にみれば場合に実測流出量と計算流出量はよく収束しているが、部分的に多少修正をほどこさることもある。特にオ4段タンクの乗数孔の修正が必要と思われる。

次に同時流量観測が行われた実測流量と計算流量とを比較したものを表-9に示す。基準測水所地帯は中変別、晚橋、西神楽、旭橋、伊納の5ヶ所。注意地帯は変別川上流、西一区、大正橋、西神橋、忠別川合流点の5ヶ所である。

るが、実測流量とよく合っている場合とかなり相違している場合がある。この大きな原因としては同時流量観

表-7 流域を代表する基地局

基地局名	流 域 名
上川観測所	中変別 流域
旭川測水所	旭橋残 流域、伊納残 流域
忠別観測所	晚橋 流域、西神楽 流域

表-9 実測流出量と計算流出量の比較表

調査年月日	上段：計算値 中段：同時流量観測値 下段：流量年表流量値 (mm/s)															
	中変別	晚橋	西神楽	旭橋	伊納	変別川上流	西一区	大正橋	西神橋	忠別川合流点	伊納残	旭橋残	西神楽	旭橋	伊納	中変別
昭和41年7月26日	39.47	18.76	32.47	60.80	102.04	40.00	—	15.94	32.13	48.47	—	—	—	—	—	—
41年7月26日	57.11	—	—	70.60	117.00	37.18	—	9.34	27.53	87.98	—	—	—	—	—	—
42年7月26日	56.60	27.72	22.18	66.80	128.00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
42年7月26日	51.49	18.56	34.49	65.24	124.35	52.11	—	18.93	35.73	52.91	—	—	—	—	—	—
42年7月26日	56.70	—	—	61.22	124.40	37.87	—	19.24	27.53	107.89	—	—	—	—	—	—
42年7月26日	61.40	8.12	25.43	65.24	136.16	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
42年7月26日	38.59	5.31	15.38	44.82	69.21	—	5.85	5.48	16.82	—	—	—	—	—	—	—
42年7月26日	57.11	8.46	26.41	70.60	117.00	—	17.80	9.34	27.53	—	—	—	—	—	—	—
42年7月26日	43.48	5.04	18.47	46.81	85.93	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
43年7月7日	51.24	2.00	6.27	53.92	59.44	51.20	3.89	1.98	7.45	8.37	—	—	—	—	—	—
43年7月7日	30.31	4.70	7.58	25.58	54.76	9.56	4.03	4.18	6.73	36.54	—	—	—	—	—	—
43年7月7日	32.79	9.15	7.44	16.75	62.45	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
43年8月5日	27.94	2.97	4.40	31.73	39.10	28.14	3.47	2.95	5.62	7.61	—	—	—	—	—	—
43年8月5日	44.51	4.70	14.83	59.12	108.86	24.89	4.60	6.18	17.84	80.78	—	—	—	—	—	—
43年8月5日	02.53	10.16	17.31	53.43	64.92	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
44年7月14日	30.70	6.28	12.39	32.18	52.79	—	5.37	6.32	13.81	19.29	—	—	—	—	—	—
44年7月14日	22.77	4.16	6.87	22.28	57.66	—	4.01	6.03	10.30	39.05	—	—	—	—	—	—
44年7月14日	35.76	9.16	7.14	23.68	40.67	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
45年7月28日	27.49	7.21	10.75	25.52	45.75	27.75	6.12	7.21	11.72	18.65	—	—	—	—	—	—
45年7月28日	31.49	8.28	9.49	30.23	64.44	19.66	5.04	5.05	9.31	46.16	—	—	—	—	—	—
45年7月28日	33.28	8.87	8.97	31.92	53.06	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

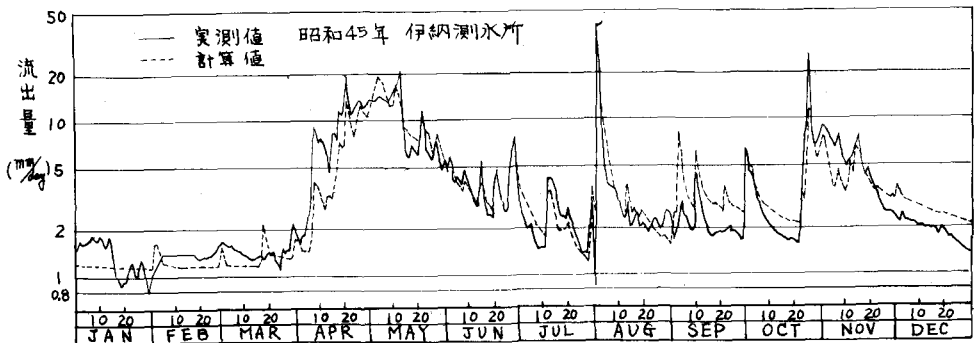


図-10 流出図

測値は観測時刻の流量であるのに対して、計算流量は日平均流量値であること。例えば'43年8月5日の伊納で同時流量観測値が $108.06 \text{ m}^3/\text{s}$ に対して流量年表流量値が $64.92 \text{ m}^3/\text{s}$ と約1.7倍もの開きがある。治水時にはあまり流量の差は下いように思われるが、北海道では6月下旬から7月下旬まで氷指の保温として深水かんがいが行われ、日平均気温が 15°C 以下となることにより予測値よりも代掻期における程度の用水を取水する。この時期は治水時期に相当するからかなり大きな日流量変化をみることになる。

このようなことを考えれば表-9には多少バツキがあることは止を得ない。しかし、忠別川合流点の流量は大正橋と両神橋の流量のほぼ合計値とみなすことができると思われるが実際にほぼ等しい大きな差がある。忠別川合流点流域面積 9.0 km^2 、流下区間距離約 4.0 km の間に大きな反川流入すばれ流があると思われるが今後調査する必要がある。

まとめ

治水流出の予測を行なう方法として流域を分割し、タンクモデルを分割した個数だけタンクを並列に並べて中けぼの流域特性を充分考慮することによって、計算の精度を向上させることが可能であることがわかった。また、河道の縦断方向における任意地点の流出予測もできるようになった。従って広い流域を有する河川では上流域から順次下流域に向けてタンクを並列に並べタンクの乗数、流域特性などを求めて中ければよい。特に下流に行くに従って用排水路網が複雑になっているので流出解析に先立って充分な調査が必要と思われる。

最後に旭川開発建設部治水課から多くの資料の提供を受け、実勢の計算は北海道大学学生熊沢克己氏、プログラムの開発には東京芝浦電気株式会社原田実雄氏が協力下さいましたことに對此感謝の意を表わします。

参考文献

- 1) 例之、菅原正己：流出解析法 水文学叢書7 共立出版 1972年
- 2) 水野昭：流域貯水槽による治水流出の解析、第19回建設省技術研究会報告
- 3) 水越三郎：野口正：貯留関数法を応用した治水流出の計算 土木技術資料 Vol.8, No.6 昭和41年6月
- 4) 河角鶴夫 伊達克己、森本茂雄：雨量から基流を推定する方法について 第16回建設省直轄技術研究会報告、河川部門自由課題 昭和37年11月
- 5) 山口甲、長谷川茂：融雪流出の治水予測について 第27回建設省技術研究会報告 河川部門自由課題 昭和48年11月