

河川流出と降雨との関係

酒 井 一 郎*

要 旨 流域の包蔵する貯水量と、それから流出する基底流との間には1:1の対応があり、基底流は常にその河川特有の減衰曲線に従って流れる。

この原則の適用によつて降雨から将来の流れ(洪水を含む)を数値的に得られる。以上について実施例をあげ基底流減衰曲線の効果を述べた。

1. ま え が き

河川の流出が降雨前における流域の乾湿の度合いに、かなり影響されることは周知のところであるが、従来河川流出を取り扱う計算では、このことが明確には解決されていない。この点を解決しなければ、河川流出の真の姿をつかむことはできないので、河川流出の本質をせんさくし、真に近いと思われるものを発見したので報告する。

2. 河の流れの本質

1. 河床にある水量と地下水

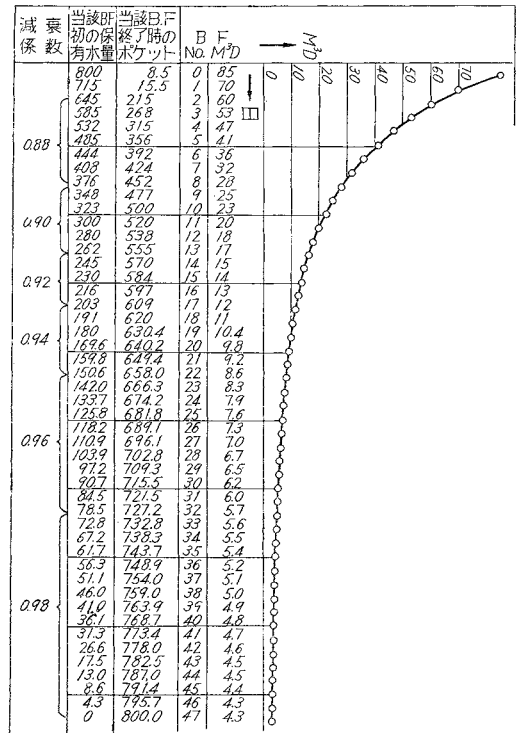
河床にたたえられている水量は比較的少量であつて、当所の例については、河床にある全水量は通常貯水池への流入水量の1/3日分ほどである。しかるに流入水量は、降雨からの供給がなくとも今後数十日間継続し、その総量は現在河床にある全水量の数十倍に達する。このことは河床に地下水を供給する地下水容器が、河床の水の数十倍の水量を包含していて、それを供給するということである。この地下水容器はほぼ一定の形状寸法を有すると考えられるから、それから浸出する水量は基本的にはその包含する水量によつて決定されるべきであると考えられる。

2. 基底流

基底流(Base Flow—以下BFと略記する)は河川の流域の限定された地下水容器からの浸出による流れであると規定する。地下水容器が完全な飽和状態まで充水されないような降雨を受けた場合でも、降雨を受けての若干時間を経過すれば飽和からの減衰過程の、ある中間的段階と同じ状態に到達し、それ以後についてはやはり飽和からの減衰曲線をたどるのではないか。このような見地から岡山県旭川第一ダムにおける流入水量に関して、この基底流の減衰状態を求めたところ、予定どおりただ1本の減衰曲線を得た。これを図-1に示す。

図-1の曲線は、ただ降雨後3日を経過してから、次

図-1 基底流曲線(岡山県旭川第一ダム)



の降雨に会うまでの流入量の減衰経過を、なるべく、むじゆんのないように継ぎたして数多くプロットし、その平均値を求めた曲線である。

この例によつても明らかのように、BFは地下水容器の包含する水量により決定される。これは常識的の感覚そのままであるが、その時間的経過が一地点に関してはまだ1本の減衰曲線で表わされることは、きわめて重要な、河川流出の根幹をなすものである。

図-1に地下水容器の包含水量およびポケットを付記したが、このようにBF曲線の把握は、同時に流域に現存する地下水量、あるいは降雨を受け入れうる余裕などが、数値をもつて与えられるもので、これらのことがら自体が、利水業務従事者にとつて、はなはだ重要なことである。

3. 表面流

降雨量が特に多量であつて、地下水容器を完全に飽和させた上さらに降るならば、その後の降雨は地下水となり得ず、表面を伝わって流出し表面流となる。また一時的に多量の雨があれば、地下水容器の表面のみを一時的

* 正員 岡山県電気局旭川発電所長

に飽和させて表面流を作る。そのほか直接河の流れに降る雨は、いかに微量でも当然表面流となる。

表面流はこのような性質の流れであるから、供給が止まればすみやかになくなる。

3. 蒸発量, 河川模型

1. 蒸 発 量

降雨を流出に結びつける作業に関して、従来大きな障害となつたものは、この蒸発量であろう。蒸発は流域からたえず行われているに相違ないが、その量は全く実測不可能に近い性質のものである。

ただ推察しうることは、蒸発皿の水と同様、日照に大きく左右されること、大気温度湿度などにも関係があることなどであるが、この蒸発量を供給する源泉は、地表に近い有限の形状寸法の容器であるに相違ないから、日々の蒸発量にも一定限度があるとともに、蒸発用として貯留される水の総容積についても、ある一定の限度があることも間違いのないことである。それ以上の降雨は地下水となるか表面流となつて流出し、蒸発水補給の源泉とはなり得ない。

2. 河川模型

前述の構想に従い、降雨量を定量的に分析するためには、河川の構造を

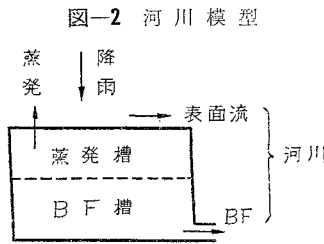


図-2 河川模型

図-2 のように模型化して考える。すなわち雨を受けて貯留する部分を上下に二分して考え、降雨はまず蒸発水の容器(蒸発槽と呼ぶ)に受入れられる。蒸発槽を浸透によって通過した水はBFを供給すべき地下水の容器(BF槽と呼ぶ)に供給される。

豪雨の一部分または両槽を完全に充滿させたのちの降雨は、表面流となつて、すみやかに河川に供給される。

BF槽からはBFのみが供給され、次の降雨までの蒸発量はことごとく蒸発槽から供給される。

以上は模型というよりもむしろ河川の姿を降雨量分析のためには、このような構造として考えるべきであるとするものである。この構造は一地点から上流流域を見た場合の考え方であつて、BF槽が土砂であろうが岩盤中に多孔質の部分があつて相当量の水分を含まうが少しも支障なく、要はBF用地下水を包含すべき全容量をBF槽と考えるものである。蒸発槽についても、それが草木の根であれ土そのものであれ、結果的に蒸発水分を供給する容器一切を一括して蒸発槽と考える。

当然考えられる疑問点は、蒸発槽からBF槽への水の供給ということである。蒸発槽は降雨がBF槽へ与えられるときの通路になるものであるが、BF槽に結局与え

られる水が移行の途中、蒸発槽にあつても蒸発水とはみない。一方一度蒸発槽に貯留された水はことごとく蒸発用として使用されるとみる。その後の降雨によつて蒸発槽の水が押し下げられてBF槽に移り、降雨が蒸発槽に残るかも知れないが、量的にはBF槽に水が供給されて、蒸発槽の水は動かなかつたと見てさしつかえない。ここではあくまで上流全域の水の容積的経過についてのみ考えるものである。

4. 河川の流出および降雨の分析

降雨のないときは、BF槽からの浸出のみが河川に供給され、そのときのBF槽の包含水量に従つて流出量は決定される。降雨があつたとき、それがいかに各種および表面流として配分されるかについて図-3に示す。

図-3 降水分析図

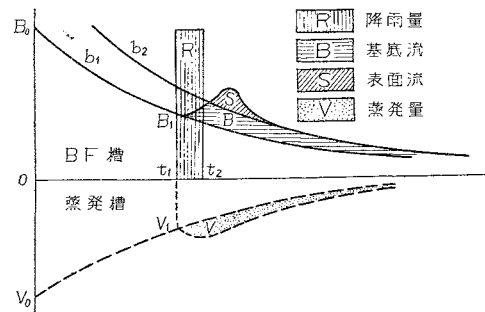


図-3において、BF曲線 b_1 に従つて流出量が漸次減少してきたところ、時刻 t_1 から t_2 までの間降雨があつて、その総量が R であつたとする。降雨量のうち蒸発槽に貯留される量を V で表わすとする。

降雨のうちかなりの量はBF槽に補給され、BFを b_1 線から b_2 線へ移動させる。BF槽への総供給量は面積 B で表わされる。

降雨中一部分は表面流を作るが、これは減衰が早く、やがてはBFのみとなつて b_2 線をたどる。面積 S で示される部分が表面流の総量である。

この一降雨 R について、容積(図における面積)に関して

$$R = S + B + V \dots \dots \dots (1)$$

が成立する。(1)式中 R は降雨量であるから実測できる。 S および B は b_1 および b_2 曲線がわかれば求めることができる。 b_1 および b_2 曲線は降雨前および表面流終了後のBF曲線として実測値が得られるものであるから、降雨終了後3~4日を経過すれば、 S および B が数値をもつて与えられる。従つて蒸発量についても、その曲線の形は不明であるが、供給された量 V は数値をもつて表わすことができる。

(1)式は1回の降雨をBF槽供給、表面流および蒸発槽供給の3種類に分割する恒等式であつて、BF曲線

を決めておくことによつて数値的に決定される。すなわち河川流出と降雨量との間にバランスシートを作製することを、可能ならしめたものであつて後に掲げる実施例のごとく、その利用効果ははなはだ大きい。

当所の例に従えば BF 槽に供給される水量(図-3におけるB)は、降雨量Rのほぼ1/2であるが、河川によつて多少の差異が考えられるので、当所の場合に限定して実施例の項で詳述する。

BF 曲線を設定し、日々のバランスシートを作製し続けるならば、表面流の終了まで待つことなく、降雨直後あるいは降雨中においてもそれまでの降雨について、将来いかにほどの表面流を生じ、BF がどの程度まで増加するかなどの予想も相当正確にできる。

5. 洪水予想について

BF 槽および蒸発槽にポケット(水の満たされていない容積)があるときは、降雨はまずこれら両槽を満たすために主として用いられ、表面流となるものは比較的僅少である。このことは常識的にも考えられるところであるが、実施例に表われたものも、明らかにこのことを裏づけている。洪水は降雨量から BF 槽および蒸発槽のポケット(図-3における面積 $O, B, B_1, t_1, V_1, V_0, O$)を差引いたものからおこると考えてよい。

BF 槽のポケットは日々その日の BF 番号から直接わかるが、蒸発槽のポケットは不明である。当所では蒸発槽ポケットを BF 槽のその70%と見ているが、はなはだしい誤りはないようである(実施例参照)。

このように BF 曲線を定め、日々バランスシートを記入して、その日の BF 番号を承知しておくならば、常にそのときの安全な雨量またそれを超過した場合の洪水量を、ただちに数値をもつて把握することができるわけである。

6. 岡山県旭川第一ダムにおける実施例

(1) 流域の状況

流域面積：1140 km² (湯原貯水池の流域を含む)

年間雨量：約 1500 mm

上流貯水池：湯原(流域面積 255 km²，有効貯水量 1000 m³/day)

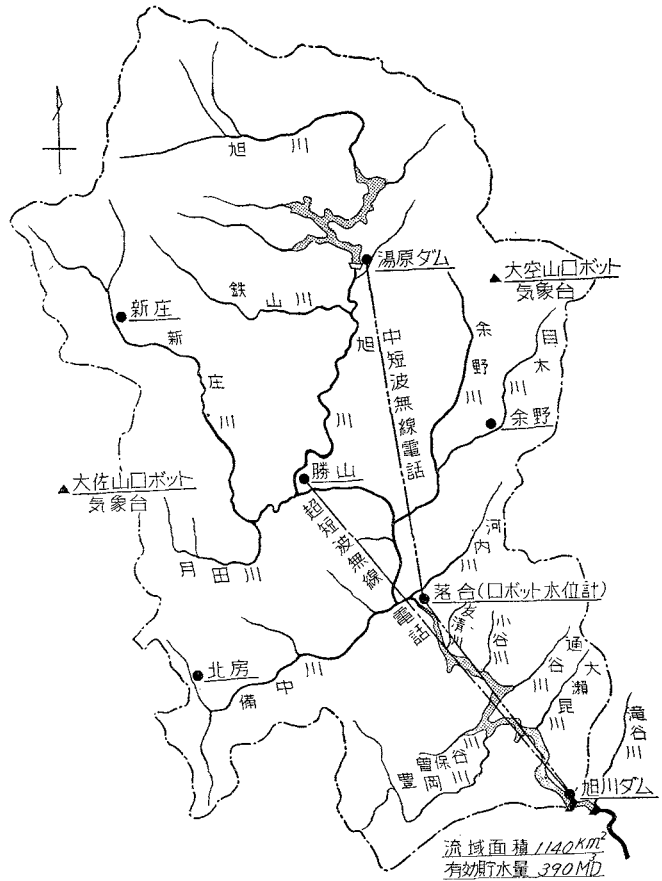
旭川貯水池：有効貯水量 390 m³/day

流域図：図-4 に示す。

(2) 使用雨量

流域6地点の平均雨量を使用する。ただし岡山気象台

図-4 流域図



所管の5地点については速報が得られないので、応急的には当所と湯原(毎時間雨量をそのたびごとに得ている)との2地点平均をもつて対処し、のちに上記6地点平均のものをもつて整理している。

(3) バランスシートとその作り方

流入水量の記録に確信がおける昭和30年以降について毎年5~10月のものを連続実施したが、そのうちの一部を表-1に掲げる。

雨がなければ1日は4月末から BF 槽貯水 348 をうけているから BF #9 (25) となるはずであるが、この日の降雨のため流入量は増加し BF #8 (28) になったと解釈する。BF #8 終了時の BF 槽貯水は BF 曲線から 348 である。従つて BF 槽にはこの日の流出分(28)のみが降雨から補われた。実績との差2.2は表面流とみなす。

2日の降雨は微量であるから全量蒸発槽へ補給されるであろう。2日から5日までの流入量を一覽すると、5日が25.3でBF#9に当つている。従つて4日は#8, 3日は#7, 2日は#6と考えざるを得ない。2日がBF#6であれば、その終了時のBF槽貯水は408であるはずで、この日はBF槽に96供給されたことになる。2

表-1 降雨と河川流出とのバランス シート

(昭. 31. 5)

日付	雨量		降雨 番号	流入量	B F		BF 槽貯水		降雨配分 誤差				
	mm	m ³ /day			No.	m ³ /day	0 時	24 時	BF 槽	表面流	蒸発槽	当日	累計
1	16.2	213.8	26	30.2	8	28	348	348	28	2.2	83.6	0	0
2	0.1	1.3		40.0	6	36	348	408	96↑	4.0↑	1.3		〃
3				26.7	7	32	408	376				-5.3	-5.3
4				29.9	8	28	376	348				+1.9	-3.4
5	8.1	106.9	27	25.3	9	25	348	323		0.3	48.4		〃
6				33.2	8	28	323	348	53↑	5.2↑			〃
7	0.2	2.6		21.8	9	25	348	323			2.6	-3.2	-6.6
8	0.8	10.6		25.8	10	23	323	300			10.6	+2.8	-3.8
9	1.7	22.4		22.0	11	20	300	280			22.4	+2.0	-1.8
10	8.5	112.2	28	24.9	10	23	280	300	43	1.9	40.5		〃
11				26.8	10	23	300	300	23↑	3.8↑			〃
12	0.2	2.6		16.1	11	20	300	280			2.6	-3.9	-5.7
13	11.1	146.5	29	19.3	11	20	280	280	20		83.5	-0.7	-6.4
14	0.5	6.6		23.9	10	23	280	300	43↑		6.6	+0.9	-5.5
15	5.3	70.0	30	21.8	11	20	300	280			50.0	+1.8	-3.7
16				22.2	11	20	280	280	20↑			+2.2	-1.5
17				17.9	12	18	280	262				-0.1	-1.6
18	9.1	120.1	31	17.1	13	17	262	245			74.3	+0.1	-1.5
19				28.8	12	18	245	262	35↑	10.8↑			〃
20				17.8	13	17	262	245				+0.8	-0.7
21				11.6	14	15	245	230				-3.4	-4.1
22	38.6	509.5	32	30.8	8	28	230	348	146	2.8	271.6		〃
23	21.7	286.4		56.7	3	53	348	532	237↑	3.7		〃	
24	2.5	33.0		125.3	3	53	532	532	53↑	72.3↑		〃	
25				79.3	4	47	532	485		32.3↑↑		〃	
26	0.5	6.6		51.2	5	41	485	444		10.2↑↑	6.6		〃
27	0.1	1.3		38.1	6	36	444	408			1.3	+2.1	-2.0
28				31.8	7	32	408	376				-0.2	-2.2
29	16.7	220.4	33	26.3	8	28	376	348			116.9	-1.7	-3.9
30	4.7	62.0		59.0	5	41	348	444	137↑	18.0↑		〃	
31				46.5	6	36	444	408		10.5↑		〃	
計	146.6	1934.8			1048.1		874.0			934.0		178.0	822.8

表-2 バランス シート集計表

年	月	雨量		流入量	B F		BF 補給		表面流		蒸発補給		BF貯水 増減	
		mm	m ³ /day		m ³ /day	m ³ /day	%	m ³ /day	%	m ³ /day	%	m ³ /day		%
昭和30年	5	106.3	1403.1	904.7	755.0	83.5	618.0	44.1	125.3	8.9	659.8	47.0	-137	
	6	212.8	2808.9	1299.6	930.4	71.7	1167.4	41.5	372.4	15.1	1217.6	43.4	+237	
	7	202.9	2678.1	2151.5	1104.0	51.3	710.0	26.5	1008.9	37.7	959.2	35.8	-394	
	8	98.3	1297.4	346.9	279.8	80.8	368.8	28.4	62.6	5.3	860.1	66.3	+89	
	9	144.4	1905.9	594.8	501.8	84.3	706.8	37.1	91.6	5.4	1096.7	57.5	+205	
	10	125.5	1656.5	952.7	859.0	90.1	654.0	39.5	80.1	4.8	922.4	55.8	-205	
合計			11749.9	6250.2	4480.0	71.7	4225.0	35.9	1740.9	15.4	5715.8	48.7	-205	
昭和31年	5	146.6	1934.8	1048.1	874.0	83.4	934.0	48.3	178.0	9.2	822.8	42.5	+60	
	6	291.9	3803.4	2010.3	1318.0	65.5	1625.0	42.8	696.1	26.7	1163.5	30.5	+307	
	7	165.1	2168.3	2263.3	1350.0	59.7	851.0	39.2	594.3	27.4	723.0	33.3	-499	
	8	222.2	2932.3	1213.1	822.6	67.8	1191.6	40.7	392.6	13.9	1332.1	45.4	+369	
	9	217.4	2881.2	1914.9	1382.0	72.2	1382.0	48.0	522.6	18.1	976.6	33.9	±0	
	10	90.2	1190.5	895.1	854.0	95.4	713.0	60.0	80.1	2.2	451.8	37.8	-141	
合計			1133.4	14910.5	9345.3	6660.6	71.3	6733.6	45.1	2708.3	18.2	5468.6	36.7	+96
昭和32年	5	133.6	1765.0	1050.0	892.0	84.9	807.0	45.7	160.6	9.2	797.4	45.1	-85	
	6	202.1	2666.0	1378.0	893.4	64.6	1102.4	41.4	487.6	18.3	1076.0	40.3	+209	
	7	419.5	5537.4	4106.1	2076.0	50.5	2076.0	37.5	2040.9	36.9	1420.5	25.6	±0	
	8	139.3	1838.8	1313.8	1156.0	88.0	904.0	49.2	149.3	8.3	780.3	42.5	-252	
	9	216.5	2857.4	1402.3	940.0	67.0	1104.0	38.7	455.4	15.9	1298.0	45.4	+164	
	10	81.2	1051.6	786.5	757.0	96.3	575.0	54.6	25.8	2.5	450.8	42.9	-182	
合計			15716.2	10036.7	6714.4	66.9	6568.4	41.8	3324.8	21.1	5823.0	37.0	-146	

註：(1) 表面流の項中 () は前日の降雨で与えられた表面流を示す。

(2) BF の%は流入量を 100 としたもので、BF 補給、表面流、蒸発補給の%は雨量を 100 としたものである。

日の流入量は 40 であったから、BF #6 (36) を超過する 4 は表面流であったと解釈する。

1 日の降雨 213.8 のうち、BF 槽に 124、表面流 6.2 を供給した残り 83.6 は蒸発槽に貯留された量でなければならぬ。

このように流入量実績を、BF を判別値として適用しながら分析し、1 回 1 回の降雨がいかに配分されたかを記録し続けるのである。解釈を BF 番号で 1 番でも誤ると、誤差の累計が一方的に大きくなり、解の誤りであることを知らされる。降雨があれば BF 番号は若返り、停滞したりするが、降雨のない期間はもちろん番

号順に減衰するものである。

6 月分以降のバランス シートは省略したが、この年の 5~10 月分について表面流を含んでいると解釈された日数は 81 日で、残りの 103 日は BF のみが表われている。すなわち河川の流出は降雨あるごとに若干の表面流をともなつて乱れる (BF から離れる) が、間もなく BF のみとなり、常にその河川固有の BF を保持しようとしておているかのごとくである。

(4) 降雨の配分について

バランス シートの集計表を 表-2 に示す。この表によつて BF は流入量の 70% 程度を占め、河川流出の根

表-3 降 雨 表

降雨 番号	連続降 前日 雨日数	前日の BF 番 号	翌日の BF 番 号	降雨量 m ³ /day	雨 量 配 分			区 分	降雨 番号	連続降 前日 雨日数	前日の BF 番 号	翌日の BF 番 号	降雨量 m ³ /day	雨 量 配 分			区 分
					BF 槽	表面流	蒸発槽							BF 槽	表面流	蒸発槽	
1	2	5	7	113.5	36.0	2.9	74.6	✓	46	2	6	6	308.9	124.0	11.8	173.1	✓
2	3	12	11	155.8	101.0	6.1	48.7	○	47	2	19	17	110.9	60.4	2.1	48.4	○
3	2	13	12	141.2	64.0	7.3	69.9	○	48	3	24	11	566.3	228.2	72.4	265.7	○
4	2	12	14	88.5	17.0	0	71.5	○	49	1	13	5	539.9	255.0	33.1	251.8	✓
5	2	15	7	556.4	251.0	62.9	236.5	✓	50	1	5	4	252.1	124.0	11.8	116.3	✓
6	2	9	7	291.7	149.0	46.1	96.6	✓	51	5	5	2	1374.0	524.0	286.3	563.7	F
7	2	14	14	266.6	46.0	16.2	204.4	○	52	1	3	4	217.8	53.0	18.6	146.2	✓
8	4	19	2	1412.4	713.4	285.7	413.3	F	53	4	7	7	280.5	168.0	17.1	95.4	✓
9	1	8	9	64.7	25.0	0	39.7	✓	54	3	7	9	133.6	53.0	0	80.6	✓
10	3	9	3	869.8	383.0	122.0	364.8	S	55	3	8	5	493.7	262.0	15.9	215.8	✓
11	5	5	1	2174.0	592.0	992.3	589.7	F	56	1	5	5	159.7	77.0	13.3	69.4	✓
12	2	13	10	244.2	118.0	16.6	109.6	○	57	2	5	2	411.8	237.0	96.5	78.3	S
13	3	35	16	421.1	176.2	18.2	226.7	○	58	3	3	0	1147.2	532.0	361.2	254.0	F
14	1	21	20	91.1	29.4	4.7	57.0	○	59	1	9	5	409.2	185.0	22.7	201.5	✓
15	1	20	11	537.2	163.2	33.3	340.7	○	60	2	5	7	69.9	36.0	0	33.9	✓
16	2	18	15	216.4	75.4	9.0	132.0	○	61	3	15	11	161.0	150.0	1.5	9.5	○
17	2	17	10	380.2	153.4	29.7	197.1	○	62	1	10	5	382.8	217.0	1.5	164.3	✓
18	1	11	10	273.2	61.0	33.1	179.1	○	63	3	9	9	270.0	108.0	3.0	159.0	✓
19	1	14	15	88.4	14.0	0.7	73.7	○	64	2	12	6	453.0	248.0	47.8	157.2	✓
20	4	17	5	784.0	403.0	29.9	351.1	✓	65	2	11	8	388.0	146.0	17.3	224.7	✓
21	3	6	5	557.0	197.0	33.5	326.5	✓	66	1	10	3	490.0	305.0	81.9	103.1	S
22	2	5	7	84.5	41.0	9.8	33.7	✓	67	1	10	11	99.0	20.0	0	79.0	○
23	2	10	10	158.4	71.0	5.2	82.2	○	68	2	12	3	776.0	408.0	131.7	236.3	S
24	2	13	7	440.9	222.0	19.1	199.8	✓	69	2	21	1	1483.0	674.8	349.3	458.9	F
25	1	13	9	273.2	123.0	12.5	137.7	✓	70	3	4	0	1811.1	526.0	926.1	359.0	F
26	1	8	6	213.8	124.0	6.2	83.6	✓	71	2	0	0	484.4	170.0	95.0	219.4	F
27	1	8	8	106.9	53.0	5.5	48.4	✓	72	3	0	2	640.3	170.0	416.9	53.4	F
28	1	10	10			5.7	40.5	○	73	3	1	1	557.0	285.0	144.3	127.7	F
29	1	11	10	146.5	63.0	0	83.5	○	74	3	2	2	505.6	270.0	82.8	152.8	S
30	1	10	11	70.0	20.0	0	50.0	○	75	2	2	3	145.2	60.0	18.0	67.2	S
31	1	12	12	120.1	35.0	10.8	74.3	○	76	2	3	5	89.8	53.0	7.0	29.8	✓
32	3	14	4	828.9	436.0	121.3	271.6	✓	77	3	5	0	1050.7	542.0	323.0	185.7	F
33	2	7	6	282.4	137.0	28.5	116.9	✓	78	2	5	3	318.2	194.0	25.5	98.7	S
34	2	6	2	611.1	339.0	150.2	121.9	S	79	1	3	3	92.4	53.0	0	39.4	S
35	2	3	5	169.0	47.0	15.8	106.2	S	80	2	3	3	258.7	166.0	20.7	72.0	S
36	1	4	3	286.4	160.0	31.1	95.3	S	81	2	6	3	431.6	284.0	50.7	96.9	S
37	2	5	2	957.0	307.0	372.1	277.9	F	82	2	11	9	252.1	121.0	22.7	108.4	✓
38	1	4	6	120.1	0	10.7	109.4	✓	83	2	10	9	308.9	86.0	19.6	203.3	✓
39	1	11	5	332.6	252.0	18.8	61.8	✓	84	1	10	12	55.4	0	6.3	49.1	○
40	1	6	6	141.2	68.0	11.1	62.1	✓	85								
41	2	7	1	1074.5	452.0	405.1	217.4	F	註：(1) 区分のうち○印は BF #10 以下に終始した雨、印は普通の降雨、Sは BF #3 以内に達した(飽和状態に近い)雨、Fは洪水となつたもの。								
42	1	5	1	575.5	290.0	185.0	100.5	S									
43	1	2	1	502.9	183.0	224.2	95.7	F									
44	1	2	3	138.6	60.0	42.1	36.5	S									
45	1	5	4	323.4	141.0	43.3	139.1	✓									

幹をなすことがうかがわれる。また降雨の配分についても大勢はわかる。

バランスシートから一雨ごとの配分について一括したものが表-3の降雨表で表-3の区分に従い、類似の降雨についての集計が表-4の降雨配分表である。

表-4によつて過去の降雨がBF槽、表面流、蒸発槽へいかに配分されたかが示されているから、今後の降雨についても大体同じ比

率で配分されるであろうと思われるが、バランスシート作製に際しては、さらに概略値として、通常の降雨については降雨量の1/2、流域が乾燥しているときは約1/3がBF槽に供給されるものと見て、かりに今後の流入

表-4 降雨配分表

降 雨 区 分		雨量配分率 (%)		
		BF 槽	表面流	蒸発槽
流域が乾燥しているとき (BF #10 以上に終了したもの)	○	36.4	6.4	57.2
流域が普通の状態のとき (BF #4~#9 に終わったもの)	✓	47.9	6.8	45.3
流域が飽和に近いとき (BF #3 以内に達したのもの)	S	53.6	17.4	29.0
洪水の原因となつたもの	F	38.7	35.3	26.0

註：この表は表-3の雨をその区分(O, V, S, F)に従い集計したものの比率である。

表-5 洪水予想と実績との対照

降 雨 番 号	連続降 雨日数	前日の降雨量		雨量配分実績			洪水 連続のた め差引	計算差 引雨量計 (P)	R-P 予想表面 流(F')	F-F' 予想のく らい	
		BF 番号	(R)	BF 槽	表面流	蒸発槽					
71	2	0	484.4	170.0	95.0	219.4	145	85	230	254.4	-159.4
43	1	2	502.9	183.0	224.2	95.7	366	0	366	136.9	+ 87.3
73	3	1	557.0	285.0	144.3	127.7	264	170	434	123.0	+ 21.3
72	3	0	640.3	170.0	416.9	53.4	145	170	315	325.3	+ 91.6
37	2	5	957.0	307.0	372.1	277.9	605	85	690	267.0	+105.1
77	3	5	1050.7	542.0	323.0	185.7	605	170	775	275.7	+ 47.3
41	2	7	1074.5	452.0	405.1	217.4	721	85	806	268.7	+136.6
58	3	3	1147.2	532.0	361.2	254.0	456	170	626	521.2	-160.0
51	5	5	1374.0	524.0	286.3	563.7	605	340	945	429.0	-142.7
8	4	19	1412.4	713.4	285.7	413.3	1088	255	1343	69.4	+216.3
69	2	21	1483.0	674.8	349.3	458.9	1119	85	1204	279.0	+ 70.3
70	3	4	1811.1	526.0	926.1	359.0	535	170	705	1106.1	-180.0
11	5	5	2174.0	592.0	992.3	589.7	605	340	945	1229.0	-236.7
合 計				5181.5						5281.5	-103.0

註：(1)* 連続2日以上にわたる降雨については、第2日以降のBF #0を供給するため1日当り85m³/dayを差引く。

(2) 本表は表面流の比較であるから、実際の洪水は予想、実績(F'およびF)ともこの表の数値にBF #0(85m³/day)を加えたものとなる。

表-6 洪水予防ポケット表

BF #	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
BF m ³ /day	85	70	60	53	47	41	36	32	28	25
BF 槽 ポケット	85	155	215	268	315	356	392	424	452	477
洪水予防ポケット	145	264	366	456	535	605	667	721	768	811
＊ 相当雨量	11	20	28	35	41	46	50	55	58	61
BF #	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
BF m ³ /day	23	20	18	17	15	14	13	12	11	10.4
BF 槽 ポケット	500	520	538	555	570	585	597	609	620	630.4
洪水予防ポケット	850	884	915	944	970	993	1016	1036	1055	1071.0
＊ 相当雨量	64	67	69	72	74	75	77	78	80	81
BF #	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
BF m ³ /day	9.8	9.2	8.6	8.3	7.9	7.6	7.3	7.0	6.7	6.5
BF 槽 ポケット	640.2	649.4	658.0	666.3	674.2	681.8	689.1	696.1	702.8	709.3
洪水予防ポケット	1089	1104	1119	1133	1146	1159	1171	1183	1195	1206
＊ 相当雨量	83	84	85	86	87	88	89	90	91	91

註：ポケットは当該BF終了時(24時)のものを示す。

量予定をたて、実績把握後修正を施しつつ進めてゆけばよい。降雨量が微量のときはことごとく蒸発槽に供給され、BF槽への供給は0になるのであるから、降雨量によつてはBF槽への供給が1/3以下になることももちろんありうる。

(5) 洪水予想と実績との対照

5. で述べたとおりBF槽のポケットの1.7倍を蒸発槽をも含めたポケット(洪水予防ポケットともいうべきもの)と考え、洪水予想を過去の実績に対して実施したものを表-5に示す。

蒸発槽のポケットをBF槽のその70%と見た理由は、蒸発槽の保有水量がほぼBF槽のそれに比例すべき性質のものであり、かつ表-3の降雨中、大幅にBFを引きもどしたものの配分実績が、ほぼそのようになっていからである(降雨番号8, 69, 17+5+41)。

表-5に用いた洪水予防ポケットを表-6に示す。

表-5のとおり、予想は一洪水ごとについては狂いを生ずることがあるが、十数例の合計については全く一致するといつても過言ではない。一洪水ごとについて狂いの生ずる原因は、主として降雨量そのものの違い、降雨のあり方(短時間豪雨)などに影響されるものと思われ、その他蒸発槽の乾湿の度合いによるであろう。流域に降つた雨量が完全に把握されれば、それだけで差はかなり減少すると予想される。とにかく一応この方法で数値を求めることとし、降

雨状況、乾湿の度合いなどを勘案して、この数値からのずれだけをカンで予想すればよい。

7. BF についての検討

(1) 季節的問題について

本文の実施例に掲げた BF は 5~10 月についてであつて、その他の期間については触れていない。この理由は

a) BF は季節的に変化すると思えるからである。図一2における蒸発槽と BF 槽との境界線は、植物の水分吸い上げ、日照時間、気温などの変化に従つて位置をずらせて考えるべきであらう。すなわち夏は蒸発が多く、従つて深い位置まで蒸発に寄与し、蒸発槽が大きくなり、BF 槽はそれだけ小さくなるに相違ない。本文に掲げた BF はこの夏期用曲線である。

精密な判別が可能であれば、この期間内についても、毎月 BF 曲線を少しづつずらせてその月に合致するように修正すべきであらうが、ずらせる量は少ないと思えるし、まだ適確に把握されていない上、かえつて実用上の便宜もあるので、期間中はただ 1 本で代表させた。

この期間には梅雨期、台風期を含み、かんがい期でもあるので、利水および洪水対策の必要性はほとんどこの期間に集中されているので、この 1 本の BF 曲線の効果は大きい。

b) 冬期は降雪、積雪があるため、降水がただちに蒸発槽や BF 槽に与えられることにならない。とくに山間部においては 12~3 月は雪が多いため、両槽に供給される水量がわからず、従つて BF の大きさを論ずるところまでゆかない。4 月については雪どけが多くて全くこの曲線に乗らない年と、雪がないためほとんど一致する年と、区々である。10 月末から 11 月にかけては、明らかに BF の増大とくに #10 以降の減衰が少ない点がかがわれる。その他 11 月には山地のしぐれ(雨量計が設置されていない)のみがしきりに降つて流入量を増大させたり、降霜のための影響を思わせたりする。

以上のような理由で 11~4 月についてはなお解決されていない。構想としては降雪、積雪、雪どけの測定を広範囲に実施し、冬期用 BF 曲線(夏期用よりもやや大きくかつ減衰の若干ゆるやかなもの)を探求すれば、ある程度冬期中の流出に関しても解明できると思うが、なお表面凍結などの問題が残る、労多くして効少なしと思える。

(2) 地域的問題について

実施例では上流 6 地点の平均雨量が全流域に平均して降つたとしているのであるが、実際には必ずしも均等に降るものでなく、むしろ偏差のある方が普通である。ある特定の地域がとくに年間を通じて降雨量が多い、または少ないといった特殊性顕著なものがあれば、その部分だけ分割して取りあつかひ、その部分の BF 曲線を別に

つくり、他の部分のものと結果について合算すればよい。

流域が広大であつて、気象状況が数段階に分かれがちな地点においては、地域ごとに分割実施すればよいと思う。ただし地域差が特にはなはだしくないならば、分割合成することの煩雑さを避けて 1 本にすべきである。A, B 両地区に分割して A 地域は #5, B 地域は #7 であるとするのと、両者一括して平均雨量を用い #6 なりとするとの差は僅少であつて、むしろ多少の誤差は我慢して一括することの方が実用価値が大きいものと判断する。当所の場合もダムサイトと県境地帯とでは、年間雨量の差で 20% くらいあるが、前述のように一括実施している。

(3) 曲線の連続性について

本文の実施例に使用した BF 曲線においては、端数を 4 捨 5 入した整数値のみとし、かつ階段的流入量を用いて中間的数値は存在しないかのごとくあつてゐる。しかし実際の BF は一定容器からの浸出である以上、当然連続性があり、従つて中間の数値も無限に存在するはずである。ただ実際の流出量については、あらゆる条件のための偏差により、必ずしも BF 曲線上をそつくりそのままどるわけにゆかない。従つて実施に当つては本例のごとく、たとえば $47 \text{ m}^3/\text{day}$ の次の日は $41 \text{ m}^3/\text{day}$ の流入があるはずというように、階段的減衰曲線を用いることとすれば、日々 BF 槽の貯水量が数字的に表現しやすい(絶対量ではないが)し、またこの BF からのずれはその日の誤差として掲げ、誤差の累計があまり大きくならないように日々 BF を適用してゆくことによつて、十分目的を達成することができるので、便宜上このようにあつたつたまでである。

(4) BF からの偏差の原因

前項に述べた当然中間の数値をもつべき偏差のほか、偏差を生ずべき原因は種々ある。上流に貯水池があれば、その水位によつて、水位の上下がなかつた場合に換算できるが、その使用水量の下流到着には時間がかかるので、BF への影響もそのように時間的ずれとなつて現われる。また上流水田の取水、放水なども見逃がせない影響を与える。

その他気象状況の変化についても、日照がとくに多い日と全くない日、あるいは湿度、温度、風速の影響など偏差の原因はかなり多い。

以上のように種々の原因によつて偏差は生ずるが、しかも BF という根本理念に従う流れは本質的には敵存し、これを日々追求する作業が、利水業務上きわめて有用な方法であることにはかわりはない。

8. BF の効用

実施例についても明らかなように、BF を判別値として、日々河川流出に関するバランスシートを作製するな

らば、次に再掲するとおり利水業務上の効果がある。

(1) 今後の流入量予想

BF 曲線をたどっているかぎり、曲線自体が今後の流入量曲線である。また降雨があれば前掲の比率に従って BF 槽に給水されることを予想すれば、かなり確実に流入量の増加が予想され、かつこの数値は 2,3 日後には確認される。

(2) 洪水予想

洪水予想も前項の延長であり、洪水総量の算出が可能である。降雨から洪水波形を算出する計算（あるいはそのためのコンピューター）に取り入れるべき雨量としては、実施例に記載したように、洪水予防ポケット分を降雨量からさし引いて用いるべきである。刻々の入手雨量から、それまでの降雨によつて総量いくらの洪水を生じるとかという数値を把握できるのであるから、ダム操作には絶対必要な利器である。

(3) 河川価値の判別

利水の見地から流出量減衰のゆるやかな河川は良好であり、洪水防止の見地から BF 槽の大きい河川は優秀である。従つて BF 曲線自体が、河川価値を最も端的に表

現しているものであつて、流況曲線（これは降雨の程度が大きく入っている）などよりもはるかに有効な判別基準である。図-1 に付記した減衰係数、あるいは BF のみが単独に発生することの多い BF #5~#7 の日から、流入量が 1/2 に減少するまでの日数なども、河川価値の判別値として有効であろう。

9. 結 言

本文に主張するところの BF 曲線を求めるには、多数の実測値の記録を必要とし、かなり手数もかかる。また当所における使用期間 5~10 月のうちでも 10 月末には多少 BF 曲線を拡大する必要を感じているほどで、前掲曲線が絶対不変というものでもない。しかしながらこれは河川流出の基本をなすものであり、雨量を精密につかめば洪水量をも数値的に予知できるなど、これによつて確信をもつて利水業務を遂行できるので、広く利用されることを切望する。最初の BF 設定が疎雑で多少間違つていても、日々のバランスシート作製の作業結果から、曲線自体の修正を求められ、BF 曲線は誤まりの少ないものに育てられ、その効果を高めてゆくであろう。

学 会 備 付 図 書 (国内) 一 覧 (24)

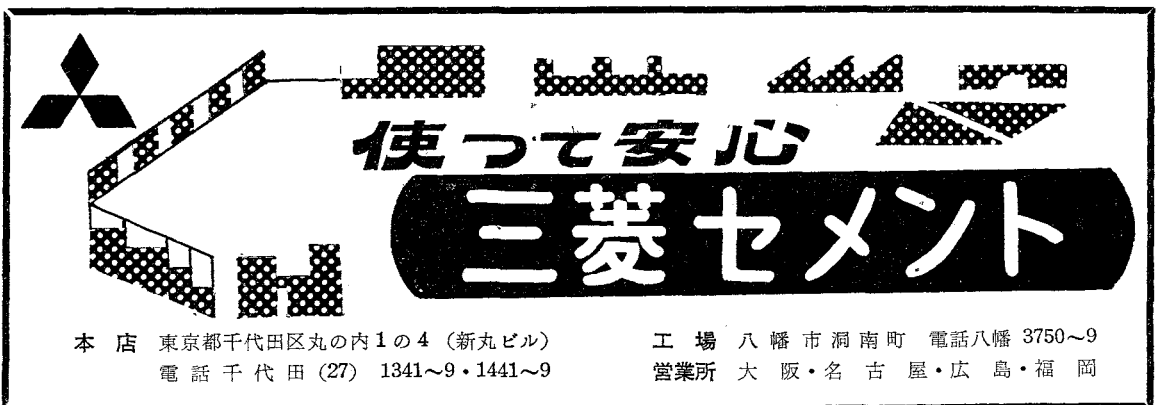
I. 昭. 33. 2.~3. 間に寄贈を受けた分

○米国の土木工事と生産性：伊藤 信・佐用泰司共著（鹿島建設技研出版部）○土木学会北海道支部 昭 32 年度講習会テキスト 昭. 33. 2. 14 ○土木学会中部支部 昭 32 年度講習会パンフレット 防災工学 昭. 33. 3. ○土質工学計算法：工博 河上房義（森北出版）○建築工事標準仕様書・同解説 B JASS 5 鉄筋コンクリート工事 昭 28 年制定 昭 32 年改訂（日本建築学会）○溶接道路橋の設計と施工：関西橋梁鉄骨溶接研究会（共立出版）○五十里ダム工事報告書（建設省五十里ダム工事事務所）○Proceedings of the Symposium on the Stress Measurements for Bridge and Structures（昭. 31. 9. 7 実在橋梁・構造物の応力測定および測定

結果に関する研究発表会講演論文の欧文集）（日本学術会議 橋梁・構造工学研究連絡委員会）○日本学術会議第 2 回原子力シンポジウム要旨集 1958. 2. 7~9（第 2 回原子力シンポジウム報文集刊行委員会）○日発記念文庫 図書資料目録—洋書の部—（電力中央研究所技研）○工学研究者名簿（工業会社・民間研究所の分）1956 年版（日本学術会議第五部）○山陽技術振興会会員名簿 昭. 33. 2. 発行 ○溶接学会会員名簿 昭. 32. 10. 現在

II. 昭. 33. 2.~3. 間に購入した分 なし

付記 学会備付図書（国内）一覧（23）は 43-2・p. 23 に掲載



使って安心
三菱セメント

本店 東京都千代田区丸の内 1 の 4（新丸ビル）
電話 千代田 (27) 1341~9・1441~9

工場 八幡市洞南町 電話八幡 3750~9
営業所 大阪・名古屋・広島・福岡