

流出についての研究

清水 邦夫*

(信州大学農学部農業工学研究室)

内 容

第1章 序 論

- 1) 研究の目的。
- 2) 研究方法。
- 3) 調査地の位置及び状況。

第2章 木曾川水系三浦ダム地点に於ける流出

- 1) 調査地の状況及び調査方法。
- 2) 年流出率。
- 3) 降雨の高度変化。
- 4) 月別流出率。
- 5) 積雪期, 融雪期, 普通期の流出率。
- 6) 降雨強度と日流出率との相関関係。
- 7) 出水時の流出率。
- 8) 流出量の推計学的考察。
- 9) 結論。

第3章 黒部川の流出

- 1) 調査地の状況及び調査方法。
- 2) 年流出率及び月別流出率。
- 3) 流域内の気象変化及び100平方km当り流量。
- 4) 出水時の流出量。
- 5) 結論。

第4章 犀川の流出

- 1) 調査地の状況及び調査の方法。
- 2) 年流出率及び月別流出率。
- 3) 流域内の気象変化。
- 4) 出水時の流出。
- 5) 土砂及び化学成分の流出。
- 6) 結論。

第5章 小試験区の流出

- 1) 調査地の状況及び調査の方法。

* 信州大学助教授

- 2) 水の流出。
- 3) 土砂及び化学成分の流出。
- 4) 結論

第6章 結語

第1章 序 論

1) 研究の目的

水の流出については、古くから貯水池、溜池の設計、余水吐設計、発電設計、農地増成設計、排水計画の樹立等発電、利水、洪水防禦の目的の為に多くの研究者が研究して来た処であるが、元来水の流出の研究には、流量の正確な把握と、長年月の記録を必要とする為、経済的にも莫大な費用を要し、その割には正確な流量を把握出来ず、従つて流出の研究も思うにまかせなかつた。本研究に於ては此の流出の研究手法の簡單化を一つの目的とし、簡単に且つ正確な結果を得る方法として、既設の発電堰堤を利用し研究する事に着目して研究を実施した。

次に水の流出状況は、気象状況特に降雨状況によつて最も大きく影響されるであろうから、降雨と流出との相關々係を時間的に、即ち1年間について、或は月毎について、又季節的に、或は日について、時間時間について、如何なる関係があるかを究める事に努めた。之は水資源の調査、用水確保、常時発電等の為には比較的長期間の水の流出の状況を知る必要があり、又洪水防禦の目的の為には比較的短時間の水の流出の状況を知つて置かねばならぬ為である。

又水の流出は流域の大きさ、流域内の地質、土性、流域の傾斜、流域内の植生、流域の方位等種々の条件が影響するので、流出と此等流域の状況との相關々係を究める事を目的とした。

以上流域よりは水の流出の外に、土砂の流出、化学成分の流出も行われ、特に日本の様に傾斜地の多い処では、之が為に土壤侵蝕の被害が多い。従つて多額の費用を費して築造したダムも次第に埋没し、その機能を失いつつある現状なので、此等土砂の流出、化学成分の流亡の状況も並せて調査研究した。

2) 研究方法

以上述べた様に、流出の研究手法の簡單化、正確化の為に発電堰堤を選んだのであるが、その理由は、水の流量を測定する為従来行われて居た方法は、新たに堰を作つて測定するか、水路の勾配、通水断面積及び摩擦係数、水位等から公式を用いて算出するか、流速を実測して流量を算出するか等の方法が用いられて来たが、此等は長期間の正確な記録を得るに何れも莫大な労力と費用を要し、又山間流域に於ては水路の河床、河川横断面等河状の変化が激しく、又平常は小流量でも洪水時には数十倍の流量に急激に上昇する等の為に、上記の方法は何れも理想的とは言われなかつた。之に対して発電堰堤を利用する場合、特にその堰堤がダム式堰堤である場合には、発電上及び下流への洪水調節の為に其処に集水される水量及び放流される水量が正確に測定されている。又堰堤築造以来の記録が取られているのが普通であるから、古くから築造されている堰堤に於

ては長期間の記録が得られる。それに通常ダム式堰堤は基礎岩盤の堅固な地点に築造され、漏水少い故、流域内からの流出水は貯水池内に殆んど完全に集水される。以上の様な理由の為にダム式堰堤を利用する場合には、発電の副次的作業として少い費用で、正確に且つ簡単に長期間の流量記録が得られる訳である。

即ち貯水池に於ては Contour line map (等高線図) より水位と貯水池容積との関係が与えられており、水位を読めば、貯水量が分る様になつている。従つて x_1 日の水位を h_1m 、 h_1m の水位に相当する貯水量を v_1m^3 とする。次に x_2 日の水位を h_2m 、それに相当する貯水量を v_2m^3 とする。又 x_1 から x_2 日の間に放流された水量、即ち有効放流量に無効放流量を加えたものを $a m^3$ とすれば x_1 日から x_2 日の間の流出量 $R m^3$ は $R = v_2 - v_1 + a$ で与えられる。又水路式発電堰堤に於ても有効放流量 (r_1)、無効放流量 (r_2) は正確に測定せられている訳である。従つて流出量 $R = r_1 + r_2$ で与えられる。

流域内の降雨状況については出来るだけ多くの観測地点を設けて観測しなければ正確な降水量は出て来ない。それは降雨が地勢、高度変化、等流域の性状に依つて変化するからである。処が実際には降雨観測地点は理想的な数だけないのが普通で、その場合には流域平均面積高度を用いて算出したり、その他の方法で推測しなければならぬ。

又流域面積の大きさと流出との関係を研究する為本研究に於ては大は $2,590km^2$ から小は1町歩の試験地区を設けて夫々研究調査を行つて来た。

土砂の流出状況についてはダム地点の推砂量を算出し、流域よりの土砂の流出状況を見、又流域よりの化学成分の流亡状況については水中の化学成分と、土砂中の化学成分

を分析する事により算出した。

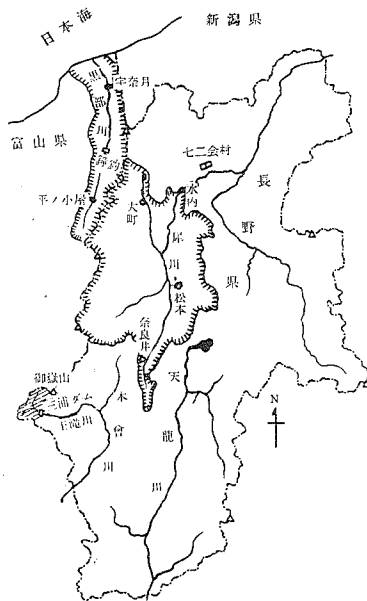
特に小試験区に於ける流出機構の研究には土壌の理学的性の面からも研究を進め並せて土壌保全方法の考察も行つた。

3) 調査地の位置及び状況

本研究は第1図に示す、木曾川水系三浦ダム地点に於て昭和25年、黒部川水系について昭和27年犀川水系及び七二会村試験地に於て昭和27年より、夫々調査研究を行つて来た。

三浦ダム流域は流域面積 $59km^2$ 、御嶽山(標高 $3063.4m$)山麓地帯の急傾斜の流域、黒部川水系は平の小屋(流域面積 $149km^2$)、鐘釣(流域面積 $420km^2$)、宇奈月(流域面積 $613km^2$)の三地点に於ける流出状況を算出したが、この地域も流域の周囲は高峻な山嶽が取り囲み、急傾斜な流域である。其れに対し犀川水系は水内ダム地点に於ける流出を算出したが、流域面積は $2,590km^2$ で流域

第1図 調査地の位置



内には可なり広い盆地も有し、前二者に比し緩かな傾斜の流域である。そして以上の流域については過去の流量記録、降雨記録は可なりの程度整つていた。又七二会村に於ては小試験区よりの流出機構を見る為平均傾斜 24° の地点に1町歩ずつの試験区を2つ設け研究を行った。

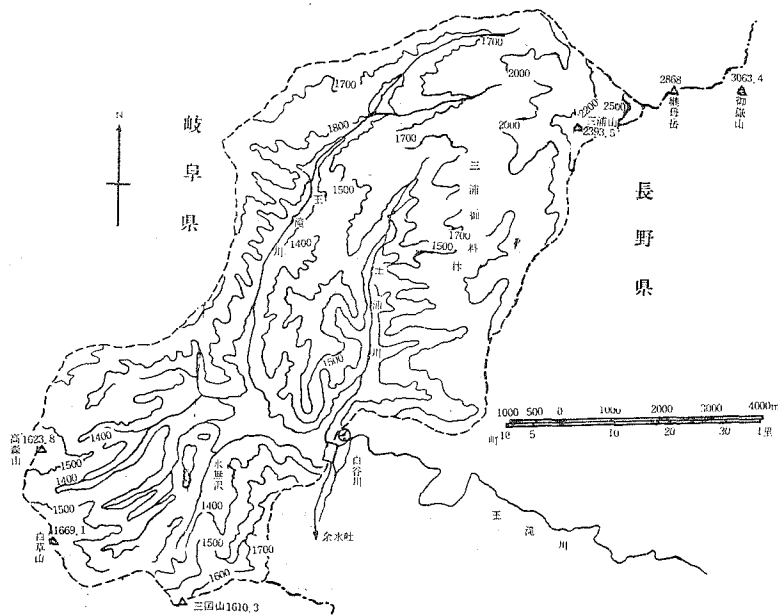
第2章 木曾川水系三浦ダム地点に於ける流出

1) 調査地の状況及び調査方法

調査地の所在地は、長野県西筑摩郡王滝村三浦で、位置は第1図に示すが如く、木曾川支流の王滝川上流端、岐阜長野の県界、長野県側に位し、国有鉄道中央線上松駅より林用軌道にて西方約40km入りたる処に所在す。

堰堤の状況は第2図上の①の部分に縮切つた、直線重力式非溢流型コンクリート堰堤（右端一部溢流型）で、流域内の降水を集水している。堰堤位置は海拔1,250mである。堰堤高さは基礎岩盤上84m（河床上59m）、天端長290m（外に両岸岩盤内突込右岸4.6m左岸4.3m）で堰堤幅は8.0m（溢流部11.54m）、底幅最大115m、堤体容積は507,000m³である。余水吐は堰堤右端のテンターゲート二門に連絡して設け、隧道及び開渠より成り、満水時、余水を支流白谷川に放流するものである。取水塔は堰体に附属して築造し、塔内に放水管、排砂管、発電用水圧鉄管の呑口を収め、此等を塵芥及び沈澱土より保護している。放水管は二本、排砂管は一本設けられ、夫々の吐口はヴァルブが設けられ、放水流量を調節し得る構造になつており、放水路が附属している。

第2図 三浦貯水池地勢図

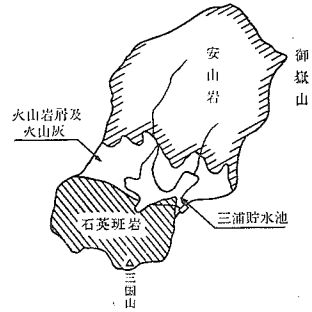


堰堤で王滝川を縮切る事に依つて出来た貯水池は第2図に示す如く、貯水池総面積2.99km²、湛水面積2.78km²周囲は25.79kmである。水深は最大水深が57.6m有効水深が45.0m（但し満水位）、平均20.0m

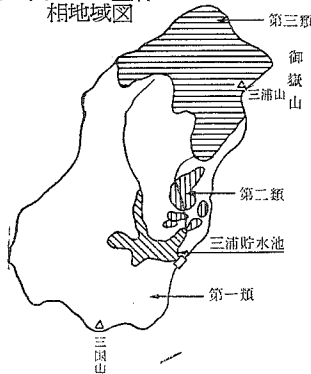
で、貯水容積は総貯水容積56,410,000m³、有効貯水量が55,800,000m³である。

三浦貯水池の流域面積は第2図に示す(-----)線内部で、面積59km²である。地質は第3図に示す如くで、安山岩地帯と火山岩屑及び火山灰地帯、石英斑岩地帯の三地帯より成る。そして土性は一般に浅い。地貌は傾斜急で堰堤上が海拔1,250m、流域周囲を三浦山(2,393.5m)高森山(1,623.8m)白草山(1,669.1m)三国山(1,610.3m)等が取り囲み、特に御嶽山側が急傾斜をなし、最高2,700mに及んでいる。従つて流域内での標高差は1,450mもある訳である。林相は大別して、天然生林地帯と人工林地帯及び伐採跡地未立木地帯に分けられる。天然生林の樹種はヒノキ、サクラ、ネズコ、ヒメマツ、ウラジロモミ、タウヒ、コメツガミズナラ、カンバ類で、主として針葉樹に属し、林令は大体220年位と推定され、分布状況は次の三類型に分けて考えられる(第4図参照)。

第3図 地質図



第4図 天然生林
相地域図



第1表 天然生林区分表

種 類		区 域
第一類	ヒノキ、サクラを主とする林分	海拔1,200m以上の区域
第二類	広葉樹に富む林分	
第三類	タウヒ、コメツガを主とする林分	

人工林地帯の樹種はヒノキ、サハラ、カラマツでヒノキを主とし溪畔にサハラ、上部風衝地にカラマツを夫々単純植している。伐採跡地及び未立木地帯の中、風害跡地としては土浦沢の流域が大部分を占め、タウヒ、コメツガ、シラベ等が根返りとなり、地利不便の為処理不可能で惨状を呈している。之等風害跡地中笹の薄い箇所では、シラベ、タウヒの稚幼樹が発生し成長旺盛なる箇所もあるが、大部分は笹生地と化している。

三浦貯水池は其処へ集水される集水流域の分水嶺が明瞭であり、且つ堰堤完成後貯水始めより(昭和17年10月)本調査当時迄(昭和25年7月)の降雨量、流出量の資料が大略完備している。即ち気象観測月報として、降雨量、降雪量、温度(最高、最低、標準)、天候、気圧、堰水温が毎日報告され、貯水池月報としては毎日の河川流量(m³/sec)、流入量(m³/day)、放流量(有効放流量、無効放流量、流量)、差引貯水量、水位、有効貯水量、湛水面積が報告されている。それ以外に各洪水時における洪水記録として時間毎の、水位、放流量、流入量、有効貯水量、追加貯水量、時間雨量、水位差が報告されている。上述の三つの報告、即ち気象観測月報、貯水池月報、洪水時記録の例は第2表、第3表、第4表に示す通りで、此の三種類の記録を基礎として、本調査研究は行われたのである。

第2表例 昭和25年7月気象観測月報

日次	降雨量		前日温度			六時			水温
	雨量	累計	最高	最低	標準	天候	気圧	温度	
1			21.0	13.0	18.0	くもり	654.0	13.0	17.5
2	30.5	30.5	20.0	12.5	19.0	雨	652.1	18.0	"
3	11.6	42.1	"	14.5	18.0	晴	652.0	14.0	"
4			18.0	13.0	19.0	"	654.1	11.5	"
5			21.0	11.5	21.0	"	653.6	14.0	18.5
6			24.0	13.0	20.0	"	656.2	14.5	19.0
7			"	14.0	22.0	"	655.7	19.5	"
8			25.0	16.5	26.0	"	656.5	15.0	19.5
9			28.5	15.0	23.5	"	654.6	20.0	"
10	26.7	68.8	25.0	17.0	20.0	くもり	682.1	17.0	20.0
11	16.1	84.9	24.0	16.5	21.0	晴	654.8	16.5	21.0
12	3.2	88.1	24.0	"	"	くもり	656.6	15.5	21.5
13	25.8	113.9	23.0	15.5	19.0	"	657.5	"	"
14	11.9	125.8	20.0	14.0	20.0	"	654.1	12.0	"
15			24.0	12.0	23.0	晴	654.8	18.5	"
16			25.0	11.5	23.5	くもり	656.8	15.0	"
17			26.0	18.0	24.0	晴	657.0	"	22.0
18	12.5	138.3	25.0	15.0	23.0	くもり	657.9	18.5	"
19	31.8	170.1	25.0	"	19.0	"	657.9	17.0	"
20	2.7	172.8	22.0	18.0	20.0	"	656.0	16.5	"
21			24.0	17.0	23.0	晴	655.2	17.0	23.0
22	6.2	179.0	23.0	16.5	21.0	くもり	656.2	15.5	21.5
23			24.0	17.0	22.5	"	657.6	17.5	23.0
24			26.0	15.5	25.0	"	656.5	17.0	23.0
25			28.0	17.0	23.0	晴	655.6	18.0	"
26	5.3	184.3	25.0	17.0	25.0	くもり	654.0	17.0	"
27			"	18.0	22.0	晴	652.8	18.0	"
28	2.2	186.5	23.0	17.0	18.0	小雨	652.9	"	"
29	9.9	196.4	"	"	21.0	くもり	653.5	17.0	22.0
30	14.8	211.2	"	18.0	19.0	"	652.9	"	"
31	3.7	214.9	"	17.0	22.0	"	652.9	"	"
計		214.9							
平均		6.95	23.6	15.2	21.3				
累計		2,491.0							

註 月報は昭和17年11月～昭和25年7月迄毎月あるが略す。

第 3 表 例 昭 和 25 年 7 月 貯 水 池 月 報

日次	河川 流量	流入量	累 計	放 流 量				差引貯水量	水 位	増減	有 効 貯 水 量	水 面 積
				流 量	有 効	無 効	累 計					
	m ³ /sec	m ³	m ³	m ³ /sec	m ³	m ³	m ³	m ³	m	cm	m ³	m ²
1	6.95	592,700	592,700	0	0	0	0	+592,700	42.11	+23	47,867,700	2,567,320
2	7.75	660,000	1,252,700	0.715	349,200	"	349,200	" 311,800	42.23	" 12	48,187,500	2,576,380
3	10.25	887,700	2,140,400	6~30	259,200	1,017,000	1,625,400	-388,500	42.08	-15	47,799,000	2,565,070
4	6.30	545,400	2,685,800	6.0	0	79,200	1,704,600	+466,200	42.26	+18	48,265,200	2,578,660
5	4.80	414,400	3,100,200	0	"	0	"	" 414,400	42.42	" 16	48,679,200	2,590,820
6	4.50	388,500	3,488,700	"	"	"	"	" 388,500	42.57	" 15	49,068,100	2,602,220
7	3.15	268,700	3,757,400	0.40	139,200	"	843,800	" 129,500	42.62	" 5	49,197,600	2,606,020
8	3.30	284,900	4,042,300	0	0	"	"	" 284,900	42.73	" 11	49,482,500	2,614,380
9	3.00	259,000	4,301,300	"	"	"	"	" 259,000	42.83	" 10	49,741,500	2,621,980
10	4.60	393,500	4,694,800	"	"	"	"	" 393,500	42.98	" 15	50,135,000	2,633,380
11	4.94	427,600	5,122,400	"	"	"	"	" 427,600	43.14	" 16	50,562,600	2,645,520
12	4.40	377,800	5,496,200	"	"	"	"	" 373,800	43.28	" 14	50,936,000	2,656,020
13	5.30	453,900	5,950,100	"	"	"	"	" 453,900	43.45	" 17	51,390,300	2,668,700
14	6.50	560,700	6,510,800	"	"	"	"	" 560,700	43.66	" 21	57,951,000	2,684,520
15	4.32	373,800	6,884,600	"	"	"	"	" 373,800	43.80	" 14	52,324,800	2,695,120
16	3.75	321,200	7,205,800	"	"	"	"	" 321,200	43.92	" 12	52,646,000	2,703,520
17	2.81	242,900	7,448,700	"	"	"	"	" 242,900	44.01	" 9	52,888,900	2,711,070
18	2.82	244,300	7,693,000	0.5.0.5	352,500	"	2,196,000	-107,900	43.97	-4	52,781,000	2,707,780
19	5.00	432,000	8,125,000	5	395,100	36,900	2,628,000	± 0	"	± 0	"	"
20	4.95	427,500	8,552,500	5.0.5	380,700	46,800	3,055,500	"	"	"	"	"
21	3.40	297,000	8,849,500	5	432,000	0	3,487,500	-135,000	43.92	-5	52,646,000	2,703,520
22	2.83	244,300	9,093,800	"	"	"	3,919,500	" 181,700	43.85	" 7	52,458,300	2,698,600
23	2.84	245,100	9,338,900	"	"	"	4,351,500	" 186,900	43.78	"	52,271,400	2,693,520
24	2.50	216,900	9,555,800	5.0.5.10	464,700	72,600	4,888,800	" 320,400	43.66	" 12	51,951,000	2,684,520
25	2.27	196,500	9,752,300	10	864,000	0	5,752,800	" 669,500	43.41	" 25	51,283,500	2,615,770
26	2.58	223,200	9,975,500	"	"	"	6,616,800	" 640,800	43.17	" 24	50,642,700	2,647,770
27	2.25	197,300	10,172,800	"	"	"	7,480,800	" 666,700	42.92	" 25	49,976,000	2,628,800
28	2.17	185,200	10,362,000	"	"	"	8,344,800	" 674,800	42.66	" 26	49,301,200	2,009,060
29	2.20	170,600	10,552,600	"	"	"	9,208,800	" 673,400	42.40	"	48,627,800	2,589,300
30	7.70	320,100	10,872,700	"	666,000	198,000	10,072,800	" 543,900	42.19	" 21	48,083,900	2,573,340
31	"	320,300	11,193,000	"	649,800	214,200	10,936,800	" 543,900	41.98	"	47,540,200	2,557,380
計	129.84		11,192,000		9,271,100	1,664,700	10,936,800	+256,200		+10	+256,200	
平均	4.19		361,065		299,100	53,700	382,800	+ 8,265	43.095	0.03	+8,265	
累計			151,005,896		95,864,036	163,382,560	159,246,596					

註 月報は昭和17年11月~昭和25年7月迄毎月あるが略す。

第4表例 洪水時記録 (4)

種別 時間	降雨量				発電機出力	天候	温度 C°	気圧	摘要	
	雨量	日計	累計	月計						
1				184.3	3,700	小雨	20.0	652.9	和北	24時45分小雨トナル
2	1.4	1.4	1.4	185.7	"	"	19.0	"	"	
3	0	"	"	"	"	くもり	"	"	"	
4	0	"	"	"	"	"	18.5	"	"	
5	0	"	"	"	"	"	"	"	"	
6	0.8	2.2	2.2	186.5	"	小雨	18.0	652.9	"	
7	2.5	4.7	4.7	189.0	"	雨	"	"	"	
8	0.6	5.3	5.3	189.6	"	くもり	"	"	"	
9	0	"	"	"	"	"	"	"	"	
10										
11										
12										
7 28										
13										
14										
15										
16										
17										
18	2.8	"	"	192.4	3,700	雨	21.0	652.4	和南北	
19										
20										
21										
22										
23										
24										
合計										
1					3,700	くもり	18.0	653.9		
2					"	"	"	"		
3					"	"	"	"		
4	3.5	6.3	6.3	195.9	"	雨	"	653.7		
5	0.5	6.8	6.8	196.4	"	"	"	"		
6	0	"	"	"	"	"	"	653.5		
7										
8										
9										
10										
11										
7 29										
12	1.5	1.5	1.5	197.9	0	小雨	22.0	653.0		12H30' 発電所作業ノタメ無効放流トス10.0m ³ /s 放水管第2号
13					"	くもり	23.0	"		
14					"	"	"	"		
15					"	"	"	"		
16					"	"	"	"		
17					"	"	22.0	"		
18					"	"	"	652.3		18Hヨリ有効=切替10.0m ³ /s 3,700KW
19					3,700	"	21.0	"		
20	4.0	5.5	5.5	201.9	"	雨	20.0	652.5		
21	0	"	"	"	"	くもり	19.5	"		
22	3.6	9.1	9.1	205.5	"	雨	17.0	653.6		
23	4.2	13.3	13.3	209.7	"	雨	"	"		
24	0.5	13.8	13.8	210.2	"	小雨	"	653.1		
合計										

註 他の洪水時記録は略す。

2) 年流出率

本調査地の年間の降雨量は如何であるか、又その内の流出量、ひいては流出率はどのくらいかを算出して見た。

先ず降雨量については第2表の如き気象観測月報より、降雨量、降雪量の欄を摘出して1年間の総和を求める。但し降雪量は、これを雨量に換算して計算する。昭和18年より昭和24年までの年降雨量は第5表の2欄に出ている。今此年降雨量の昭和18年より昭和24年までの7ヶ年を平均すると第6表2欄に見る如く3,135mmとなり、非常に高い値を示すが、堰堤築造以前堰堤築造計画に使用されたと思われる昭和2年より昭和10年に至る9ヶ年の平均降雨量3,486mmに比較すると351mmの減少である。併し昭和18年～昭和24年に至る間の最大年降雨量は昭和20年の4,388mmに対し、昭和2年～昭和10年に至る間の最大年降雨量は3,903mmで前者の方が485mm多くなっている。又最小年降雨量を取つて見ると、前者に於て昭和22年に2,462mmと云う小値があるに対し、後者の最小年降雨量は3,131mmで、前者に於て669mmの減少となつている。即ち堰堤築造後7ヶ年目にしてすでに計画中には見られなかつた程度に大きい最大年降雨量と、計画中には見られなかつた程度に小さい最小年降雨量が生じ、平均年降雨量に於て築堤後の方が計画中より少々小なる値を示している。

第5表 年 流 出 率

	昭和18年	昭和19年	昭和20年	昭和21年	昭和22年	昭和23年	昭和24年
(1) 一ヶ年総流出量 m ³	166,264, 685	158,517, 980	279,331, 700	207,161, 000	150,007, 050	195,100, 945	177,516, 238
(2) 年雨量 mm	2,750.4	2,776.0	4,388.3	3,350.6	2,462.2	3,344.8	2,875.8
(3) 年全流域降水量 m ³	162,273, 600	163,784, 000	258,909, 700	197,685, 400	145,269, 800	197,343, 200	169,672, 200
(4) 年流出率 %	102.4	96.7	104.0	104.8	103.2	99.0	104.6
(5) 降雨高度変化 を考えた年流出率 %	85.3	80.6	86.6	87.3	86.0	82.5	87.1

併し以上の降雨量は堰堤上にある雨量観測器により測定せられたもの故、大体標高1,250mに於ける降雨量と見られ、従つて本地域の如き地域内の高度変化多い処では必ずしも此の値が全流域の降雨量を代表するとは見られない。故に降雨量については高度変化を考えた補正をしなければならないが、之については次節で詳しく述べる。

年降雨量が以上の様であるに対し、1ヶ年間の流域よりの流出量は、何うかと云うと之は第3表例の貯水池月報の流入量の欄を各月毎に総計し、更に之を1ヶ年間について総和すれば、1ヶ年間の総流出量が算出される。而して第3表例で流入量となつているのは貯水池への流入して来る水量と云う意味で、吾々の求めんとする流出量と同じ意味である。昭和18年より昭和24年に至る間の各年の1ヶ年総流出量は第5表1欄に示す通りで、此の7ヶ年間の平均年流出量は190,771,371m³、最大年流出量は昭和20年の279,331,700m³、最小年流出量は昭和22年の150,007,050m³であるに対し、昭和2年より昭和10年に至る9ヶ年の平均年流出量は177,033,600m³、最大年流出量は216,896,320m³、

第6表 年流出量及降水量

流出率	1			2			3			4			5		
	至昭和十八年7ヶ年平均	最大	最小	至昭和二年9ヶ年平均	最大	最小	高度変化を加えた年雨量	年雨量	高度変化を加えた年雨量	全流域降水量	高度変化を加えた全流域降水量	年流出率	平均	最大	最小
100%	1,071,771 立方米	3,913,300 立方米	1,587,000 立方米	1,141,000 立方米	3,288,000 立方米	1,101,000 立方米	3,288,000 立方米	3,288,000 立方米	3,288,000 立方米	3,288,000 立方米	3,288,000 立方米	102.1%	102.1%	104.8%	96.4%
80%	857,417 立方米	3,130,640 立方米	1,270,000 立方米	912,800 立方米	2,630,400 立方米	881,600 立方米	2,630,400 立方米	2,630,400 立方米	2,630,400 立方米	2,630,400 立方米	2,630,400 立方米	74%	102.1%	104.8%	96.4%
70%	750,000 立方米	2,800,000 立方米	1,100,000 立方米	800,000 立方米	2,300,000 立方米	770,000 立方米	2,300,000 立方米	2,300,000 立方米	2,300,000 立方米	2,300,000 立方米	2,300,000 立方米	80%	102.1%	104.8%	96.4%

最小年流出量は151,035,840m³となつている。之は平均及び最大年流出量が前者に於て大で、最小年流出量は前者で小になつている。

次に年流出率を求めると、

$$\text{年流出率} = \frac{\text{1ヶ年総流出量}}{\text{全流域降水量}} = \frac{\text{1ヶ年総流出量}}{\text{年降雨量} \times \text{流域面積}}$$

なる故、昭和18年より昭和24年までの年流出率は第5表4欄に示す様な値である。従つて7ヶ年の平均年流出率は102.1%、最大年流出率は104.8%、最小年流出率は96.4%である。之に対し昭和2年より昭和10年に至る9ヶ年の平均年流出率は74%、最大年流出率は80%、最小年流出率は70%である。従つて前者と後者では可なり大きな開きが見られる。之には種々の原因が考えられるが、流域が過去25年間に大きな変化をなしていない事より最も大きい原因は、次の二つと考えられる。

i) 流出量の測定方法が、昭和2年より10年に至る間に於ては流速又は水位を測定し之より流出量を算出したと云われるが、此の方法によると当調査地の様な山間溪谷に於ては、河状が変化し易く、その上特に洪水時に流量が大きく変化し、流速或は水位によつて、正確な流出量を把握する事が困難である。之に対し堰堤築造後は堰堤で締切つて、流出量を測定する故、流出量の値がより正確になつた。

ii) 次節に於て詳述するが、降雨量が高度に依つて変化する為当調査地の如き高度変

化の激しい処では、降雨量も高度に依つて激しく変化すると考えられ、従つて低位部の降雨量のみで全流域の降水量を正確に把握し難い。従つて此の結果の如く流域低位部の降雨量を基礎として算出された流出率が100%を超過する現象を見るのである。

従つて今次節で述べる方法により、昭和18年より昭和24年までの降雨量に高度補正をなし、流出率を算出すれば、7年平均年流出率は85.1%、最大年流出率は87.3%、最小年流出率は80.6%となる。

但し高度変化を考えた年降雨量＝低位部年降雨量×1.2

$$\text{高度変化を考えた年流出率} = \frac{1 \text{ 年総流出量}}{\text{低位部年降雨量} \times 1.2 \times \text{流域面積}} = \text{年流出率} \times \frac{1}{1.2}$$

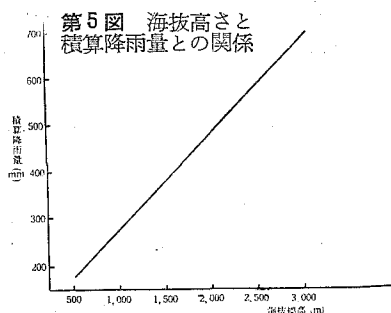
3) 降雨の高度変化

前節に於て述べた様に、年流出率が100%以上にもなる事が多く、其の原因として最も大きく考えられるのが降雨量の高度変化である。而して此の降雨量の高度に依る変化を把握するには、流域内の各高度地点に雨量計を設置し、降雨量を測定し、此れより降雨図を画き、一雨毎の全流域降水量を求める事が望ましいが、本調査地の如き高峻な山地に於ては、現在の処では殆んど不可能な事である。

従つて此の様な山嶽地域に於ける降雨量の決定については古くから各国で苦心が払われているが、各降雨の性質により、又各地域の性質により、降雨量が夫々異なり、一般的な公式は未だ見出されていない状況である。

之に対して北大の菅谷氏は、山地流域の各地点に雨量計を設置して、降雨量分布を調査した結果、累計降雨量は海拔高さと同様に直線又は拋物線の関係がある事、及び一続きの降雨には、A型、B型、C型及びAC型の4型があり、A型は地形性降雨型、B型は一様式分布型、C型は散乱性分布型、AC型はAとCとの組合せであり、夫々の型により、高度と降雨量との関係が異なる事を発表している。そして北海道、東北、中部の三地区で実地調査の例を示しているが、夫々地区的な特性を持つているので、此処では当調査地と最も近似的な地区と考えられる、中部地区の天竜川上流伊那谷の例を取つて考えて見る。

累計降雨量と海拔高度との関係は第5図に示す如くである。此のグラフ作成の調査期間は1948年8月4日から同年10月17日の間のものである為、必ずしも1年中の累計降雨量を示してはいたないが、他に適当な資料がない為此に基礎を置いて考える。すると標高1,250mの地点に於て、この期間の降雨量は325mmに対し、標高2,400mに於ては570mm



を示し、1,250mの地点の約1.7倍の降雨量があった訳である。故に三浦調査地も略々此れに近い関係を示すと考えると流域内の三浦山(標高2,393.5m)に於ては、降雨量測定地点(標高1,250m)の約1.7倍の累計降雨量がある事になる。

従つて低位部での観測降雨量に対しては補正をしなければならない。而して補正の場合、流

域平均面積高度地点の降雨量を求めて、これを流域内の代表降雨量と考えるのが適当と思われる。即ち面積の重みをつけた流域の平均高度を求める必要がある。今方眼紙を第2図に当てて、本調査地の流域平均面積高度地点を算出すると第7表の如くなる。

尙流域内或は流域近傍に雨量観測場所の沢山ある場合は他の方法即ち等雨量線図法或は加重法を用いる事が考えられるが、本調査地の如く流域内に雨量観測地点が一点しか無い様な場合には流域平均面積高度法しか考えられない。

第7表 流域平均面積高度

1	2	3	4	5	6
標高	標高平均	標高平均 —1250	方眼紙目 盛累計数	方眼紙目盛数	3×5
1,250~1,300	1,275	25	8	8	200
1,300~1,400	1,350	100	80	72	7,200
1,400~1,500	1,450	200	120	40	8,000
1,500~1,700	1,600	350	190	10	24,500
1,700~2,000	1,850	600	225	35	21,000
2,000~2,200	2,100	850	233	8	6,800
2,200~2,500	2,350	1,100	239	6	6,600
2,500~2,700	2,600	1,350	240	1	1,350
				計	75,650

$$75,650 \div 240 = 315$$

$$\therefore \text{流域平均面積高度} = 1,250 + 315 = 1,565 \text{米}$$

第7表より流域平均面積高度=1,565m

従つて流域平均面積高度地点に於ける累計降雨量は、伊那谷と同様な関係にあると考えると、雨量観測地点(標高1,250m)に於て325mmの時390mmの値を示す故、雨量観測地点の累計降雨量の120%を示す。又年累計降雨量に此の値を適応すると、此の流域の平均面積高度地点の年降雨量は低位部観測地点(標高1,250m)年降雨量×1.2である。従つて此の値の方が全流域代表降雨量として、全流域降水量を算出する基礎として使用するに適當である。

$$\begin{aligned} \text{年全流域降水量} &= \text{流域平均面積高度地点年降雨量} \times \text{流域面積} \\ &= \text{低位部観測地点年降雨量} \times 1.2 \times \text{流域面積} \end{aligned}$$

従つて、降雨量の高度変化を考慮に入れた

$$\begin{aligned} \text{補正年流出率} &= \frac{1 \text{ヶ年総流出量}}{\text{年全流域降水量}} = \frac{1 \text{ヶ年総流出量}}{\text{低位部観測地点降雨量} \times \text{流域面積} \times 1.2} \\ &= \text{算出年流出率} \times \frac{1}{1.2} \end{aligned}$$

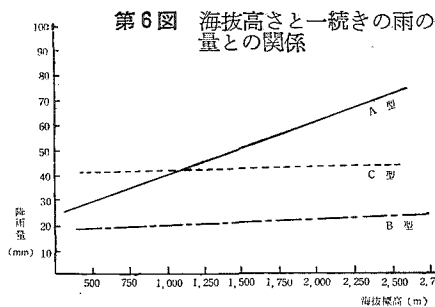
之は前節に於て述べた通りである。

累計降雨量については以上の如くであるが、一続きの雨の降雨量はどうか?之は先に述べた様に4つの型があり、夫々の型に応じた高度変化をなす。今やはり本調査地と近似的な値を示すと考えられる伊那谷を例にとつて見ると第6図の如くなる。

又降雨の原因と此の型との関係を菅谷氏の調査に依つて見るとA型は低気圧又は颱風

の直接の影響によつて降つた場合であり、B型降雨は寒冷前線の通過に依つて生じた場合、C型は各種の不連続線に依つて降つた場合、AC型はA型と同じく低気圧は又颱風に依つて生じたものである事が推定されている。

従つて今一続きの降雨のある時、その降雨の原因即ち、不連続線に依つて生じたか、或は低気圧に依つて生じたか等を考え、その原因によつて、その降雨が何型に属するかを決定し、それから降雨の高度変化を推定する事も考えられる。それより全流域の降水量を算出する事が出来るならば、流出率の算出に於ても、より正しい値が得られるだろう。



4) 月別流出率

月別流出率も過去多数の人が研究しているが、降水高と流出高との関係を明瞭にする為に1年を3期に分けて考える方法なども行われて来たが、此处では一応1年の月々の降水高と流出高とを比較して月々の流出率について考えて見よう。

昭和18年1月より昭和25年7月迄の月々の降雨(降雪)量、降雨(降雪)日数、全流域降水量、流出量、流出率を示せば第8表の如し。但し降雨(降雪)日数の中()で示すのが降雪日数で、1日の中降雨と降雪の両方があつた場合、その量の多い方を取る。即ち降雨が0.5mmで降雪が0.8mm(換算量)あつた場合は、此の日は降雪としてある。又降雨(降雪)量の欄の()で示す数字は降雪を降雨に換算した量である。

第8表 月別降雨量、降雨日数、流出量、流出率表

① 昭和18年度

月	降雨量(換算降雪量) mm	降雨量合計 mm	降雨(降雪)日数	全流域降水量 m ³	流出量 m ³	流出率 %
1月	(163.5)	163.5	(19)	9,646,500	2,716,410	29.3
2月	25.5 (135.7)	161.2	2 (10)	9,510,800	2,375,960	25.0
3月	155.9 (25.6)	181.5	5 (8)	10,708,500	8,737,840	81.6
4月	273.3 (31.7)	310.4	9 (4)	18,313,600	22,350,000	122.0
5月	131.2	131.2	10	7,740,000	12,870,975	166.0
6月	374.9	374.9	16	22,160,000	24,125,400	109.1
7月	296.1	296.1	20	17,450,000	20,318,600	115.1
8月	147.1	147.2	22	8,699,000	14,065,100	161.7
9月	167.1	467.1	23	27,580,000	21,883,700	79.6
10月	280.5	280.5	12	16,590,000	19,607,000	118.2
11月	124.4 (5.5)	129.9	7 (2)	6,499,000	10,526,900	162.3
12月	71.0 (35.9)	106.9	8 (10)	6,320,000	6,686,800	105.8
合計		2,750.4		162,273,600	166,264,685	
年流出率						102.4

第8表 月別降雨量, 降雨日数, 流出量, 流出率表

◎ 昭和19年度

月	降雨量 (換算降雪量)mm	降雨量 合計 mm	降雨(降雪) 日数	全流域降 水量 m ³	流出量 m ³	流出率 %
1月	(66.5)	66.5	(17)	3,837,000	3,901,000	104.2
2月	16.8 (129.2)	146.0	1 (19)	8,620,000	3,836,800	44.6
3月	1.7 (141.6)	143.3	1 (16)	8,457,000	2,654,280	31.4
4月	219.6 (34.0)	253.6	12 (9)	14,900,000	17,700,200	118.9
5月	275.7	275.7	11	16,240,000	29,787,800	183.4
6月	692.5	192.5	14	11,340,000	7,111,000	62.7
7月	469.8	469.8	19	27,680,000	21,883,000	79.2
8月	417.3	417.5	13	24,630,000	26,863,800	108.7
9月	272.3	272.3	12	16,070,000	14,194,400	88.3
10月	267.1	267.1	15	15,740,000	12,321,200	78.3
11月	198.1 (1.3)	199.4	12 (2)	11,750,000	10,641,400	90.7
12月	27.5 (44.8)	72.3	2 (17)	4,220,000	7,623,000	178.4
合計		2,776.0		163,784,000	158,517,800	
年流出率						96.7

第8表 月別降雨量, 降雨日数, 流出量, 流出率表

◎ 昭和20年度

月	降雨量 (換算降雪量)mm	降雨量 合計 mm	降雨(降雪) 日数	全流域降 水量 m ³	流出量 m ³	流出率 %
1月	(85.5)	85.5	(17)	5,045,000	3,723,300	73.8
2月	(82.5)	82.5	(11)	4,860,000	3,317,600	68.2
3月	393.2 (18.8)	412.0	11 (6)	24,320,000	18,644,500	76.8
4月	324.2	324.2	8	19,120,000	26,109,000	136.2
5月	328.4	328.4	15	17,380,000	21,484,500	136.2
6月	429.7	429.7	14	25,320,000	20,578,600	110.8
7月	529.6	529.6	13	31,240,000	31,773,600	81.4
8月	398.0	398.0	13	23,460,000	18,771,200	101.4
9月	565.6	565.6	17	33,380,000	37,624,000	79.8
10月	961.9	961.9	16	56,700,000	66,026,800	116.2
11月	168.6 (4.6)	173.2	11	10,220,000	7,850,000	76.8
12月	12.1 (85.6)	97.9	2 (17)	5,760,000	4,655,800	80.8
合計		4,388.3		258,909,700	279,331,700	
年流出率						104.0

第8表 月別降雨量, 降雨日数, 流出量, 流出率表

㊦ 昭和21年度

月	降雨量 (換算積雪量)mm	降雨量 合計 mm	降雨(降雪) 日数	全流域降 水量 m ³	流出量 m ³	流出率 %
1月	42.2 (45.8)	88.0	1 (12)	5,170,000	3,768,600	72.9
2月	(97.2)	97.2	(13)	5,738,000	2,440,200	42.6
3月	197.3 (110.5)	307.8	7 (9)	18,140,000	15,962,000	87.9
4月	363.3 (10.0)	373.3	15 (1)	21,980,000	32,497,200	148.0
5月	424.0	424.0	15	25,060,000	19,584,000	117.7
6月	584.8	584.8	19	34,480,000	38,333,800	111.1
7月	377.0	377.0	14	22,230,000	18,591,700	83.4
8月	311.5	311.5	17	18,350,000	21,967,200	119.6
9月	292.6	292.6	15	17,240,000	12,598,400	73.1
10月	356.1	356.1	10	21,090,000	17,798,000	84.4
11月	98.2	98.2	4	5,780,000	8,012,100	138.6
12月	36.9 (4.0)	40.9	2 (1)	2,411,000	5,607,800	観測不備 ノ為欠
合計						
年流出率						104.8

第8表 月別降雨量, 降雨日数, 流出量, 流出率表

㊦ 昭和22年度

月	降雨量 (換算降雪量)mm	降雨量 合計 mm	降雨(降雪) 日数	全流域降 水量 m ³	流出量 m ³	流出率 %
1月	10.0 (89.4)	99.4	1 (8)	5,860,000	4,594,000	78.5
2月	(90.5)	90.5	(13)	5,340,000	2,269,800	42.4
3月	141.5 (74.5)	216.0	5 (10)	12,740,000	10,155,100	79.8
4月	179.4 (10.0)	189.4	7 (2)	11,160,000	34,752,500	310.9
5月	263.1 (6.0)	269.1	9	15,870,000	18,313,400	115.5
6月	289.9	289.9	17	17,100,000	14,250,800	83.4
7月	497.4	497.4	14	29,320,000	28,811,000	98.3
8月	86.4	86.4	11	5,080,000	8,002,850	158.1
9月	311.0	311.0	16	18,340,000	13,130,400	66.2
10月	138.3 (9.2)	147.5	9 (2)	8,550,000	7,848,000	91.8
11月	41.1 (45)	45.6	4	2,690,000	3,210,000	119.4
12月	155.2 (65.6)	220.8	6 (8)	13,020,000	5,669,200	42.8
合計		2,462.2		145,269,800	150,007,050	
年流出率						103.2

第8表 月別降雨量, 降雨日数, 流出量, 流出率表

◎ 昭和23年度

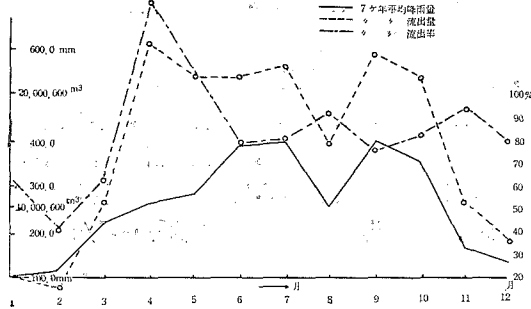
月	降雨量 (換算降雪量) mm	降雨量 合計 mm	降雨(降雪) 日数	全流域降 水量 m ³	流出量 m ³	流出率 %
1月	46.3 (66.9)	133.2	4 (13)	7,860,000	4,243,550	54.0
2月	30.4 (47.8)	78.2	7 (8)	4,620,000	3,657,880	79.2
3月	175.8 (37.3)	213.1	8 (4)	12,560,000	13,314,440	105.8
4月	274.2 (3.8)	278.0	14 (1)	16,380,000	23,283,600	138.1
5月	286.1	286.1	12	16,860,000	12,041,000	71.5
6月	298.9	298.9	15	17,630,000	15,523,000	83.3
7月	429.4	429.4	21	25,310,000	23,023,500	91.3
8月	325.0	325.0	19	19,160,000	16,714,700	87.4
9月	505.0	505.0	17	29,800,000	33,356,298	111.7
10月	246.9	246.9	13	14,560,000	16,362,557	112.1
11月	321.4 (1.9)	323.3	10 (2)	19,040,000	20,205,060	105.3
12月	217.7 (10.0)	227.7	13 (4)	13,420,000	13,375,350	99.6
合計		3,344.8		197,343,200	195,100,945	
年流出率						99.0

第8表 月別降雨量, 降雨日数, 流出量, 流出率表

① 昭和24年度

月	降雨量 (換算降雪量) mm	降雨量 合計 mm	降雨(降雪) 日数	全流域降 水量 m ³	流出量 m ³	流出率 %
1月	55.4 (62.0)	117.4	2 (12)	6,930,000	7,001,350	100.8
2月	102.1 (68.2)	170.3	4 (14)	10,030,000	4,556,300	45.3
3月	106.4 (74.9)	181.3	3 (7)	10,690,000	7,299,700	68.3
4月	181.8 (31.4)	123.2	10 (7)	7,275,000	14,734,600	202.4
5月	276.8	276.8	12	16,330,000	27,406,800	172.0
6月	578.0	578.0	20	34,080,000	31,990,518	93.7
7月	227.0	227.6	15	13,420,000	14,885,250	112.6
8月	102.3	102.3	11	6,040,000	4,636,110	71.8
9月	493.6	493.6	23	29,120,000	32,288,700	111.7
10月	243.5 (1.5)	245.0	13 (1)	14,430,000	13,242,700	91.7
11月	211.9 (2.0)	213.9	9 (1)	11,860,000	13,193,120	110.9
12月	85.6 (60.8)	146.4	6 (11)	8,640,000	5,981,090	69.3
合計		2,875.8		169,672,200	177,516,238	
年流出率						104.6

第7図 平均月別降雨量・平均月別流出量・平均月別流出率



第7図で明らかな如く、月別降雨量は7月及び9月をピークとして、1月より次第に上昇し9月以降は下降しているに対し、月別流出量は4月がピークで、7月、9月に小さなピークがある。従つて平均月別流出率は第7図一・一線で示す如く1月2月3月が非常に低く、4月5月が非常に高く、6月から

12月迄は大体同じ様な値を示している。

此の1月、2月、3月の流出率少きはその間に降つた降雨降雪が流域内に主として積雪となつて貯溜される為であり、又4月、5月が非常に流出率高きは、この1月、2月、3月に貯溜された積雪が雪融け水となつて加わつて流出する為と考えられる。

7ヶ年平均月別流出率は大体1月～3月までが40～60%前後で残りは流域内に貯溜され、4月、5月が110～140%で前期に貯溜された降雨降雪が追加して流出し、6月～12月迄は75～95%前後で年流出率の前後の値を示す。

尙降雨の高度変化を考えた月別流出率の補正も前記年流出率の補正方法と同じく、流域平均面積高度地点を用いて補正するのが適当と考えられる。

即ち

$$\begin{aligned} \text{補正月別流出率} &= \frac{\text{月流出量}}{\text{流域平均面積高度地点降雨量} \times \text{流域面積}} \\ &= \frac{\text{月別流出率}}{\text{低位部観測地点降雨量} \times 1.2 \times \text{流域面積}} = \text{算出月別流出率} \times \frac{1}{1.2} \end{aligned}$$

5) 積雪期、融雪期、普通期流出率

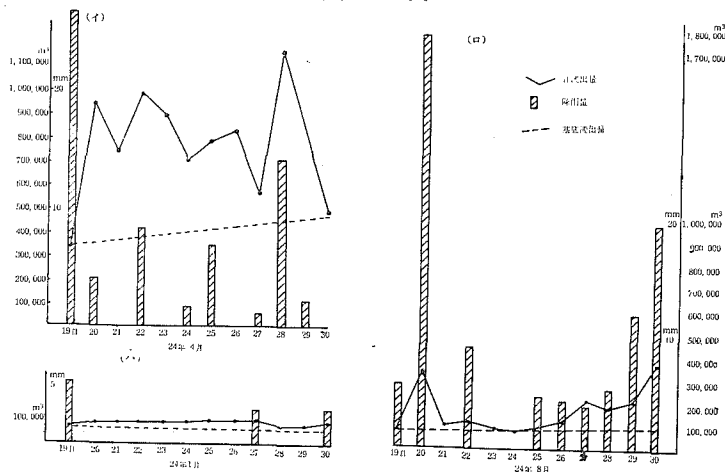
前述の如く、各月別流出率を見ると、1年間を通じて明瞭に3つの時期に分けられる事がわかる。今、流域内に降雨降雪があつても、それが積雪となつて貯溜される時期は積雪期、次にその積雪が融けて流出率が高くなる時期を融雪期、普通の状態の流出率を見る時期を普通期とする。

今流出率の最も高い値を示す融雪期に於ける基底流出量を見る為、例を昭和24年4月19日以後30日までの12日間の降雨量、流出量を第2表及び第3表より見ると、12日間の降雨量計は66.1mm、流出量計は9,307,200m³、従つて流出率は239%で、此の月の月別流出率203%より36%多い。此の事は此の月の後半に雪融け流出の多かつた事を示している。尙降雨量観測地点に於ける積雪状況は4月15日に20cm、19日には6cm、21日には0cm、それ以後は雪は消えている。勿論流域高山地帯には尙相当な積雪のあつたことは想像される。次に標準気温は4月16日まで-2°C前後であつたのがそれ以後は零下以下には下らず19日には+7°Cで、30日まで+10°Cを上下している。それに加ふるに19日から30日の間に霖雨が時々あり、積雪を融かすに最も良い条件下にあつたと考えら

れ、融雪による基底流出量も増加した。その状況は第8図④に示すようである。そして日々の基底流出量が約 $400,000\text{m}^3/\text{day}$ である。尙19日には 26.8mm の降雨があつたが、その日には流出量として表われず、その後の流出量に影響している。此れは積雪があるため、降雨は一度その内に貯溜され、積雪を融かして流出するためと考えられる。

これに対して普通期の8月19日より30日までの12日間を取つて見ると、第8図③に示す如く、降雨量計は 97.1mm で前述の4月よりは 31mm 多く、流出量計は $2,035,410\text{m}^3$ で逆に $7,271,790\text{m}^3$ も少い。従つて此の12日間の流出率は 35.5% で降雨の約5割は貯溜された事を示している。基底流出量は約 $90,000\text{m}^3/\text{day}$ で融雪期の約 $1/4\sim 1/5$ である。唯8月の場合は月の前半が晴天続きで土地が非常に乾燥していたと考えられ、それに対して4月は積雪で覆われ土地が湿潤であつたと考えられる。

第8図 基底流出量



次に積雪期に於ける基底流出量は同じく昭和24年1月19日より30日までの12日間を取つて見ると、第8図⑤に示す通りで約 $60,000\text{m}^3/\text{day}$ である。そして此の12日間の降雪量計は 11.5mm （降雨に換算）で、流出量計は $1,007,800\text{m}^3$ 、流出率は 148.7% でかなり高い率を示しているが、これは降雨降雪がなくとも日々の基底流出量が必ずあるために生ずる現象である。尙この時期には日流出量も $100,000\text{m}^3/\text{day}$ 以上に上つた事はな

ない。

尙当調査地の積雪期を12月、1月、2月3月の4ヶ月間、融雪期を4月、5月の2ヶ月間、普通期を6月～11月の6ヶ月間とすれば各期の流出率は次の如くなる(7ヶ年平均)。

積雪期…… 73.7% 融雪期…… 150.9% 普通期…… 100.8%

従つて降雨の高度補正をなすと流出率は

積雪期…… 61.3% 融雪期…… 125.8% 普通期…… 84.2%

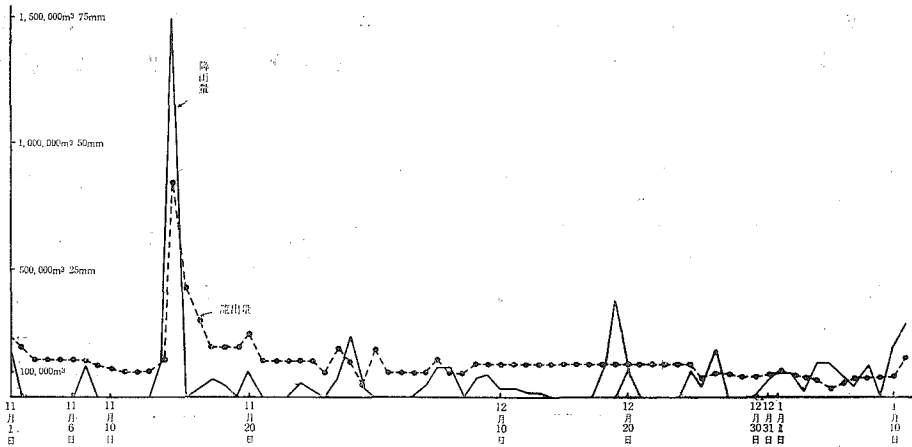
となる。

6) 降雨強度と日流出率との相関関係

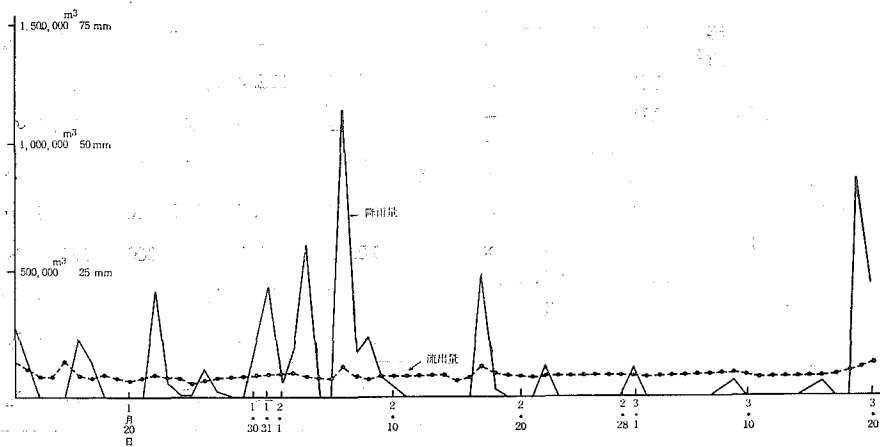
河川に於ては、降雨の全然ない日も流出が行われ、此れが基底流出量として発電、灌漑等に重要な意味を持つ。然し又一方降雨が少し位あつても、之が流出として顕著に現われず、土壤内に滲透し、水源涵養の役をなす。此の様に日流出量に外見上影響を及ぼす降雨量の値は、その時の土壤の乾燥湿润の程度等に依つて異なるが、必ず或る値を持つて存在する。此れを流出始めの降雨量とする。

今、日流出量、日降雨量変化の關係を連続的に見ると第9図の如くなる。之に依つて明らかな如く、積雪期に於ては少し位の降雨、降雪があつても、日流出量には大した影響を見ないに対し、融雪期に於ては少しの降雨或は気温の上昇が流出量に非常に鋭敏に影響して来る。普通期に於ては降雨量が日流出量に比例的に影響して来る。

第9図 ① i 日降雨量と日流出量との相関々係
(但し①より②の部分まで17枚あるが此処では例として①だけ出す)



第9図 ① ii



今、日降雨量に種々なる値を取り、夫々の値に対する日流出率を算出して見る。之は降雨の強さに単位として時間雨量、日雨量等が考えられるが、今の場合には日雨量を取つて考えて見る。第2表、第3表より、昭和21年に於ける日降雨量に種々なる値を取れば第11表の如くなる。此の場合上述の様に降雨強度が日流出量に影響する程度は、積雪期、融雪期、普通期に依つて夫々異なる故、各期に分けて降雨強度を適当に取つた。そしてその降雨強度に対応する日流出率を算出すると第4欄の様になる。此の中3月23日は月としては積雪期に入るが、降雨状況を見ると降雨21.6mm、降雪9.0mmで寧ろ降雨の方が多く、融雪期に於ける降雨の状況を呈している事と、3月末になると傾向として融雪期の傾向を呈する事が多いので融雪期に入れた。摘要の欄の→は流出率傾向を示したもので下向になつている場合は、降雨強度が更に強くなると流出率は下向し、上向になつている場合は、降雨強度が更に強くなると流出率が上昇する事を示している。水平になつている場合は大体流出率が最小と考えられる降雨強度で、流出率変化曲線はこの附近が変異点と考えられる。

第11表 降雨強度と日流出率との関係 (イ)

	1 年月日	2 降雨量 mm	3 流出量 m ³	4 流出率 %	摘要
積 雪 季	21.1.1	4.0(降雪)	80,000	33.9	↘
	1.7	2.0(")	86,000	77.9	↘
	1.3	42.2(降雨)	240,000	9.5	↘
	1.20	13.0(降雪)	124,000	16.2	↘
	1.25	0.5(")	193,200	655.0	↘
	1.27	8.5(")	123,200	24.6	↘
	1.31	1.0(")	103,200	175.0	↘
	2.24	43.0(")	74,600	2.9	↘
融 雪 季	3.23	30.6(21.6雨 9.0雪)	432,000	23.9	↗
	4.3	24.2 雨	797,000	54.7	↗
	4.6	11.7	115,200	16.7	→
	4.17	37.8	1,180,000	52.8	↗
	4.24	164.3	7,845,000	81.0	↗
	4.28	2.9	500,000	291.0	↘
	4.30	4.4	450,000	173.0	↘
	5.1	197.3	7,629,000	65.5	↗
	5.4	16.2	686,400	72.0	↘
	5.17	2.3	588,000	432.0	↘
	5.25	48.8	608,800	21.2	↗
5.31	7.5	222,000	50.3	↘	

第11表 降雨強度と日流出率との関係 (ロ)

	年月日	降雨量 mm	流出量 m ³	流出率 %	摘要
普 通 季	21.6.9	37.9	514,000	22.9	↘
	6.16	40.0	432,000	18.3	→
	6.28	7.8	432,000	103.2	↘
	6.29	0.8	475,000	1,007.0	↘
	7.8	8.0	479,000	101.0	↘
	7.9	105.4	3,300,000	52.9	↗
	7.18	1.8	175,000	165.0	↘
	7.30	112.4	2,020,000	33.0	↗
	8.22	28.6	470,000	27.9	↘
	8.28	2.7	617,000	388.0	↘
	9.14	25.5	125,800	8.3	→
積 雪 期	10.2	0.7	240,000	585.0	↘
	10.12	63.8	1,119,000	29.8	↗
	11.6	33.4	415,000	23.6	↘
	12.5	1.0	350,000	595.0%	↘

此の日流出率を縦軸に、日降雨量を横軸に取つて曲線を画くと第10図の様になる。此の三曲線に依つて明瞭な如く降雨量（或は降雪量）が非常に少なくなればなる程、流出率が高くなる事は、基底流出量が常に時期に応じて大した変化なく存在する事を意味する。此の三曲線の中——線の部分は積雪期に於ける流出率を表わし各点共大体線上に乗る。又積雪期曲線に於ては降雨強度（＝降雪強度）が大となる程流出率が小となるが、之は降雪強度に依つて流出量が大した変化をせず大体基底流出量近い値を維持する為生ずる現象である。従つて（1－流出率）の部分は積雪となつて流域内に貯溜される事になる。次に———線の部分は融雪期曲線であるが、融雪期流出率を表わす○印点が必要しも此の曲線上に乗つて居ない。その原因は融雪期に於ける日流出量は、降雨強度と更に気温によつて非常に鋭敏に反応し、少量の降雨でも気温が高い場合は高い流出率を示す為である。而して融雪期日流出率曲線の変曲点は大体日降雨強度 20mm前後と考えられる。そして変異点以後は、大体普通期曲線より高い値を示す。———線の部分は普通期曲線で、変曲点は大体35mm前後と考えられる。唯此の場合土地が非常に乾燥している時は流出率が小さい値を示す。此の変曲点が流出始めの降雨である。

今第10図より夫々の曲線の実験式を考えると、日流出率をy、日降雨量をxとせば、

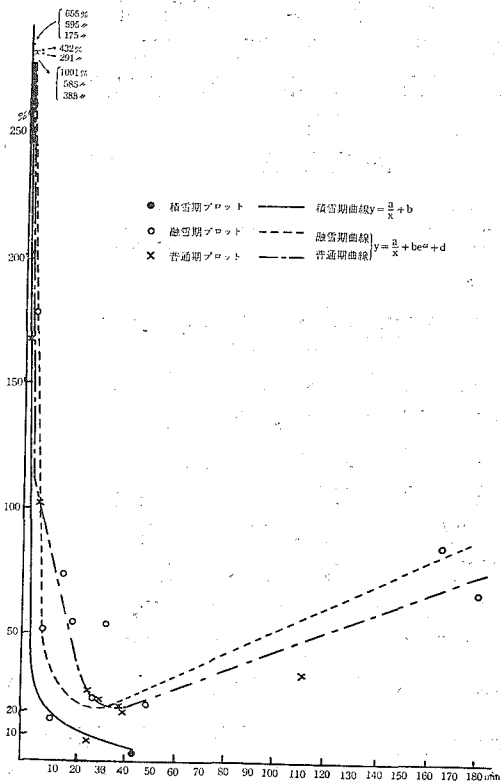
$$\text{積雪期曲線は } y = \frac{a_1}{x} + b_1$$

$$\text{融雪期曲線は } y = \frac{a_2}{x} + b_2 e^{c_1 x} + d_1$$

$$\text{普通期曲線は } y = \frac{a_3}{x} + b_3 e^{c_2 x} + d_2$$

と予想される。

第10図 降雨強度と日流出率との相関曲線



7) 出水時の流出率

此処で問題にする出水時の流出率については、二つの場合が考えられる。即ち洪水調節池、遊水池、低湿地の排水、等に問題になる一降雨の総流出率と、河川の堤防、溜池余水吐、傾斜地排水路、一般水路等の計画、設計の場合に問題になるピーク時流出率の場合である。此の出水時に於ける流出率についても、積雪期、融雪期、普通期に於て夫々特色を持つている故、夫々の期に於ける出水について論ずる事にする。

i) 普通期に於ける出水の場合

a) 一降雨の総流出率

例を昭和20年10月7日より12日に至る6日間の出水に取つて見るならば第12表の如くなる。即ち降雨量計は529.3mm、流出量計は39,818,000m³である。此の流出量は6日間に流れ出た総流出量でこの中には此の期間以前に降つた降雨の影響流出量も含まれているが6日間の降雨の中一度流域内に滞溜し後に流れ出る水量は含まれていない。其処で降雨の高度変化を考慮に入れないで流出率を算出して見ると、

$$\text{一降雨の総流出率} = \frac{39,818,000}{31,228,700} = 127.5\%$$

となり非常に高い値を示している。其の理由は第12表より明らかな如く、此の6日間以前の降雨による影響が及んでいると見る可きである。従つて此の6日間間の影響流出量を800,000m³/dayと予想し、6日間の流出量から影響流出量を引いて、純粋に、6日間の降雨の為に増水した量の降雨量に対する比、即ち降雨量の幾%が純粋に此の6日間に流出したかを求めると、(降雨の高度変化も考慮に入れる)

$$\begin{aligned} \text{一降雨の増水率} &= \frac{\text{流出量} - \text{影響流出量}}{\text{高度変化を考えた全流域降水量}} \\ &= \frac{39,788,000 - 800,000 \times 6}{31,228,700 \times 1.2} = 90.9\% \end{aligned}$$

であり、相当高い値を示すが此れは降雨以前に土地が相当湿潤であつた為と思われる。

同様に昭和24年における主なる出水の月日及び降雨量、流出量、一降雨流出率を算出すると第13表の様になる(降雨の高度補正は行わず)。此れを見ると総体的には月別流出率に比較して小さい値を示すが然し色々の値を示している。その理由はその降雨

第12表 一降雨の流出率
昭和20年10月の出水

月日	降雨量 mm	流出量 m ³
10.5	0	(6,373,000)
6	0	(1,334,000)
7	28.4	1,604,200
8	154.6	7,374,000
9	219.3	16,465,400
10	90.8	6,067,800
11	30.4	5,861,400
12	5.8	2,445,200
13	0	(824,800)
14	0	(777,600)
計	529.3	39,818,000

影響流出量 800,000m³/day
一降雨の総流出率=127.5%

のあつた時の土地の乾湿状況，又は降雨の強度，降雨の連続日数等によつて流出率が影響されるからである。即ち土地が乾燥している様な場合には相当の量の降雨があつても大部分は流域内に滞留する。此の様な場合の一降雨流出率は低く40%前後を示す事もある。例としては昭和24年11月4日5日の出水である。反対に土地が湿潤で影響流出量が高い値を示している時に降雨があると流出率が高くなる。

今一降雨の流出の状況を更に分析して見る。例を昭和24年6月19日より6月23日迄の降雨に取れば，日降雨量，日流出量，日流出率，影響流出量，日流出量-影響流出量，日増水率は第14表の様になる。但し此の場合の影響流出量は前日迄の降雨が影響して流出した量と考え推定値を使用した。従つて日流出量-影響流出量はその日の降雨の中その日に流出した量即ち増水分となり，日増水率は日降雨量の何%が増水分としてその日の中に流出したかを示すものである。従つて降雨の最も盛に降つた日は，その日の中に

第13表 昭和24年度出水 一降雨の総流出率

年 月 日	降雨量 mm	流出量 m ³	流出率	摘 要
24年5月23日より 5月25日まで	105.6	5,737,600	92.0%	但し18日 は晴
6月5日より 6月13日まで	139.1	7,863,700	95.6%	
6月16日より 6月23日まで	406.2	18,516,461	77.3%	
8月26日より 9月5日まで	236.3	14,949,660	107.0%	
9月16日より 9月24日まで	226.6	12,133,900	90.3%	
11月4日より 11月5日まで	71.2	1,835,800	43.7%	

第14表 一降雨の流出状況

月 日	日降雨量 mm	日流出量 m ³	日流出率 %	影響流出量 m ³	日流出量-影響流出量 m ³	日増水率 %
6月19日	4.8	344,811	126.2	340,000	4,811	1.4
20日	83.8	2,102,100	477	500,000	1,602,100	32.4
21日	34.9	2,742,000	133.1	1,500,000	1,242,000	60.2
22日	217.9	9,842,300	76.7	2,000,000	1,842,300	61.2
23日	37.4	2,448,150	110.9	2,000,000	448,150	20.3

降雨量の61.2%が流出したと想像される。

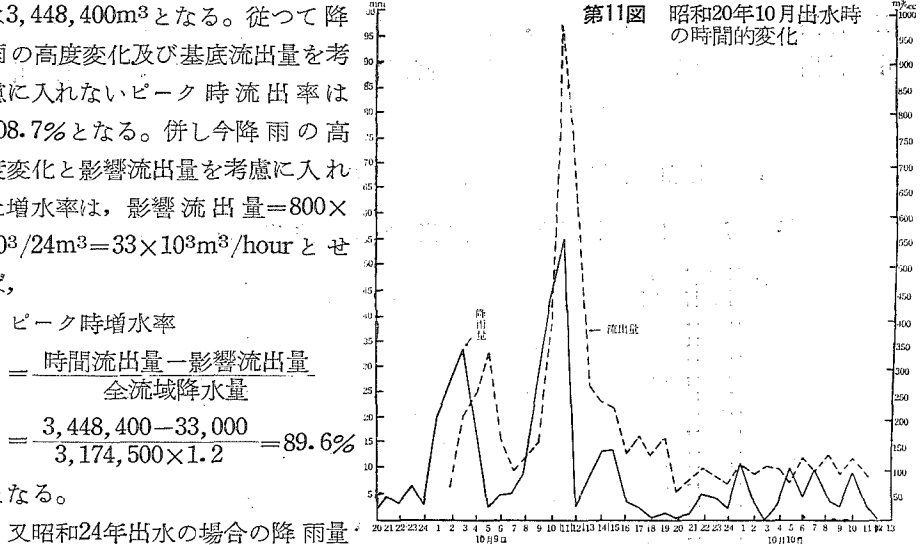
次に此の降雨の期間中に増水分として流出した率を降雨の高度補正をして求めると、

$$\text{一降雨の増水率} = \frac{\text{流出量} - \text{影響流出量}}{\text{全流域降水量}} = \frac{15,979,261}{26,830,000} = 55.7\%$$

となる。但し此の場合の影響流出量は300,000m³/dayとした。此の値は前述の昭和20年10月7日~12日の出水の時の増水率に比較して可なり低い値を示すが、これはこの時の方が前記出水の時よりも土地が乾燥し影響流出量も低かつた為だと思われる。

b) ピーク時流出率

昭和20年10月出水の場合の流出状況は、第11図より降雨ピーク時は10月9日11時で時間降雨量55.5mmである。此に対して流出量がピークになったのは同時間で時間流出量は3,448,400m³となる。従つて降雨の高度変化及び基底流出量を考慮に入れないピーク時流出率は108.7%となる。併し今降雨の高度変化と影響流出量を考慮に入れた増水率は、影響流出量=800×10³/24m³=33×10³m³/hourとせば、



ピーク時増水率

$$= \frac{\text{時間流出量} - \text{影響流出量}}{\text{全流域降水量}} = \frac{3,448,400 - 33,000}{3,174,500 \times 1.2} = 89.6\%$$

となる。

又昭和24年出水の場合の降雨量と流出量の時間的変化を代表的に3つ取つて見ると第12図①, ②, ③となる。此の図によつて時間流出量曲線を見ると6月21日21時, 9月2日3時, 9月23日4時の点がピークで他の点よりも非常に高い値を示している。これは前期の降雨の為土壌が殆んど飽和になっている時に、強度の大なる降雨があり、それが殆んど流出する為と考えられる。今6月21日の降雨の場合について見ると20時より21時の間に流出した時間流出量は、水位変化と放流量より

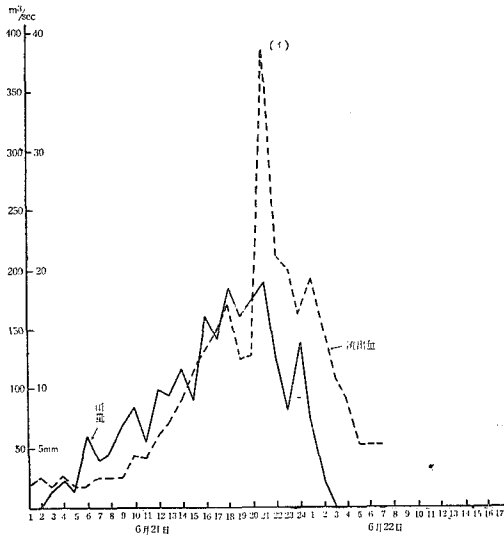
1時間流出量=1,010,500+107.5×3,600=1,398,000m³/hour 最盛時間降雨量=18.9mm, 従つて全流域降水量=1,115,000m³

故にピーク時流出率=125.3%
 となり、一降雨総流出率77.3%より著しく高い値を示す。今降雨の高度変化を考量に入れたピーク時流出率は125.3× $\frac{1}{1.2}$ =104.3%で降雨の殆んど100%が流出した事になる。

同様に9月2日ピーク時流出率=96.2%
 9月23日 " " =107.1%

で此等は尙降雨の一部が貯溜されている事を示す。然し何れにしても普通期に於ける出水は土地が湿潤な時に生じ易い故一降雨総流出率も可なり高い値を示し、特にピーク時流出率は100%近い値を示す事がある。

第12図 昭和24年出水の時間的变化



ii) 積雪期に於ける出水の場合
 積雪期に於ける降雪は第10図に示す様に、現想的な場合、即ち温度が非常に低く、且つ降雪のみの場合は、いくら降つても流域内に積雪となつて貯溜されるが、一度温度が上昇し、且つ降雨を見るような場合、出水の現象を呈する。従つて積雪期に於ける出水は、性質としては融雪期に於ける性質と殆んど似ている。今昭和25年1月31日の出水、2月10日の出水、3月7日の出水を例に取つて考察して見る。

a) 一降雨の総流出率

第15表 1月31日出水

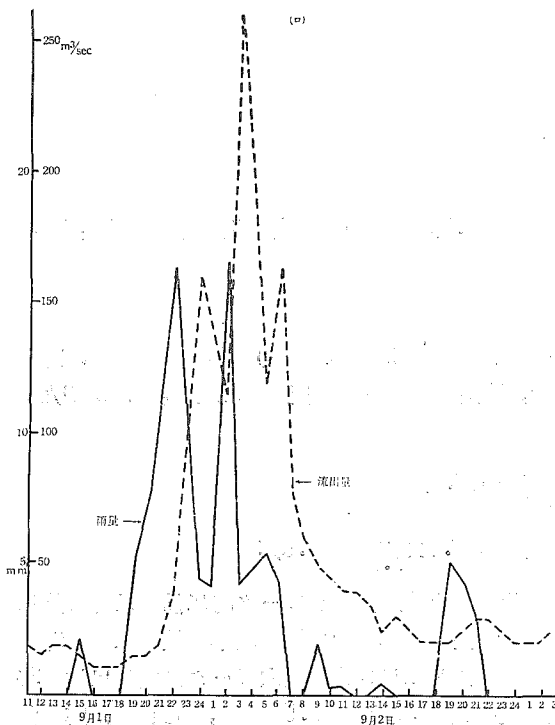
月日	降雨量 mm	流出量 m³
1. 29	28.4	305,000
1. 30	1.5	182,700
1. 31	100.1	4,666,500
2. 1	2.0(雪)	1,783,800
2. 2	0.3(雪)	383,600

1月31日の出水の状況は第15表の如し、而して此の時期に於ける基底流出量は約90,000m³/dayと考えられる。従つて此の5日間の基底流出量を含む流出率は

$$\text{一降雨の総流出率} = \frac{6,938,100}{132.3 \times 5,900} = 89.4\%$$

$$\text{降雨の高度変化を考えた流出率} = 89.4 \times \frac{1}{1.2} = 74.5\%$$

一降雨の増水率



$$= \frac{6,938,100 - 5 \times 90,000}{1132.3 \times 59,000 \times 1.2} = 69.2\%$$

2月10日の出水の状況は第16表の如し。

第16表 2月10日出水

月日	降雨量 mm	流出量 m ³
2. 9	98.3	1,336,200
2.10	119.1	7,662,650
2.11	7.7	3,074,200
2.12	0	(708,543)

一降雨の総流出率

$$= \frac{12,073,050}{225.1 \times 59,000} = 90.9\%$$

降雨の高度変化を考えた流出率

$$= 90.9 \times \frac{1}{1.2} = 75.7\%$$

3月7日の出水の状況は第17表の如し。

第17表 3月7日出水

月日	降雨量 mm	流出量 m ³
3.7	48.4	306,500
3.8	125.7	5,662,900
3.9	0	(1,301,700)

一降雨の総流出率 = $\frac{5,969,400}{124.1 \times 59,000} = 81.5\%$ 降雨の高度変化を考えた流出率 =

67.9%

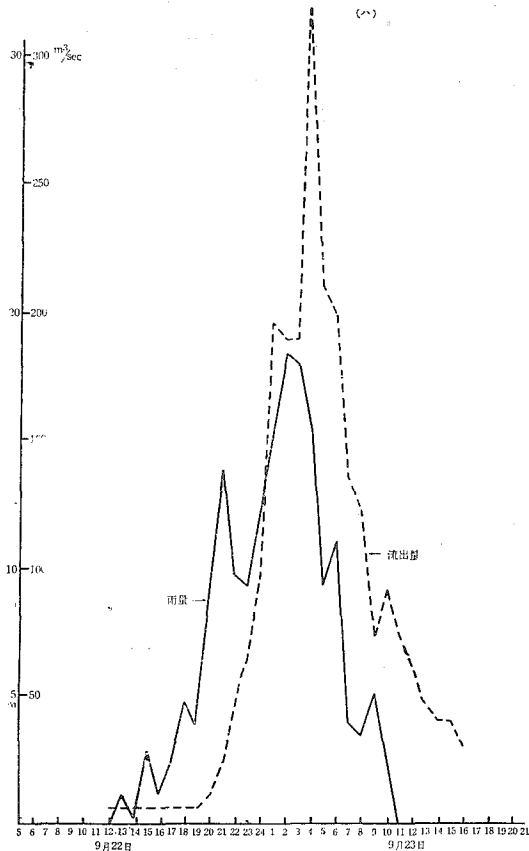
b) ピーク時流出率

1月31日出水の場合の流出量及降雨量の時間的变化は第13図①で与えられるが、降雨のピークは31日2時で時間雨量15.5mm、流出量のピークは同じく31日3時で245m³/secである。従つて

$$\text{ピーク時流出率} = \frac{245 \times 3,600}{15.5 \times 59,000} = 96.4\%$$

降雨の高度変化を考えたピーク時流出率 = $96.4 \times \frac{1}{1.2} = 80.5\%$

故に降雨の約8割が流出する事になる。これは土壌及積雪がピーク時以前に殆んど飽和に達した事と、積雪の一部が降雨に融けて流出した為に此の様な高率の値を示すと考えられる。尙此の流出量曲線で明らかな様に降雨が31日2時に最大ピークになる以前に30日20時に一度ピークになつており、その時の時間降雨量が9.5mmで、これに対応した

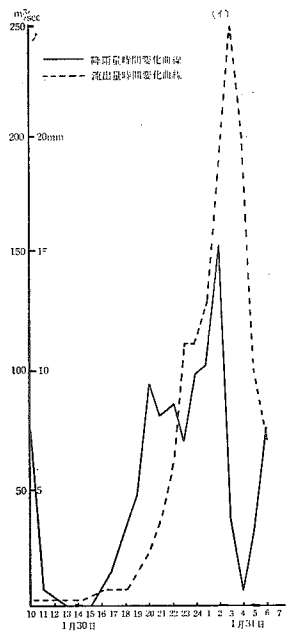


時間流出量は30日23時の111m³/secである。従つて此の最初のピーク時流出率

$$= \frac{111 \times 3,600}{9.5 \times 59,000} = 71.4\% \text{ 降雨の高度変化を考えたピーク時流出率} = 71.4 \times \frac{1}{1.2} = 59.5$$

%従つて第1回目のピーク時流出率と第二回目の最大ピーク時流出率の差は、降雨の高

第13図 流出量の時間的变化



度変化を考えた場合で、80.5-59.5=21%あり、後のピークの方が約20%大となつている。従つて初期の降雨によつて積雪中及び土壌中に貯溜されるものは貯溜され、後期のピーク時に於ては流域が殆んど水で飽和に達したこと、積雪の一部が融けた事を示している。

2月10日の出水の場合の流出量時間変化は第13図④に示す通りで、むしろ小さな降雨ピークに応じて出たものである。その時のピーク降雨量8.8mm、ピーク流出量はピーク降雨に3時間遅れて180m³/secを示している。従つて

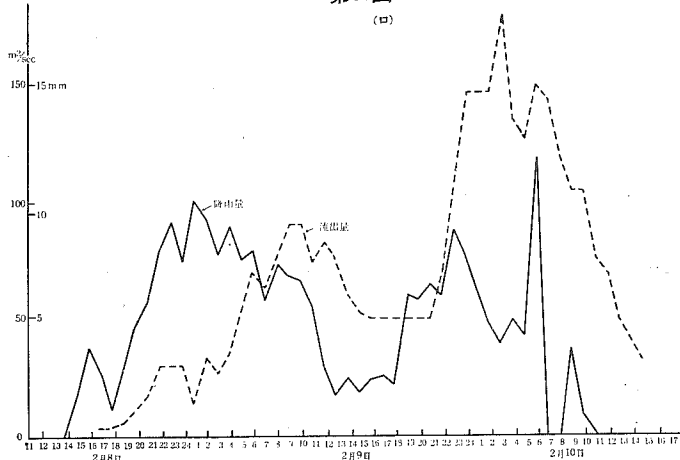
$$\text{ピーク時流出率} = \frac{180 \times 3,600}{8.8 \times 59,000} = 125.0\%$$

降雨の高度変化を考えた流出率=104.1%

で100%以上の流出率を見ている。これはピーク時以前に降つた雨が積雪中に含まれ、ピーク時には融雪と合して流出したためと考えられ雪融け出水の様相を呈している。

3月7日の出水の場合の流出量時間変化は第13図⑤に示す通りで、図中○印を付けた点を降雨ピークと考え3時間後の流出量をピーク流出量とすれば、ピーク降雨量=13.5mm/hour ピーク流出量=148.5m³/sec

第13図



$$\text{従つてピーク時流出率} = \frac{148.5 \times 3,600}{13.5 \times 59,000} = 71.6\%$$

降雨の高度変化を考えたピーク時流出率=59.6%

従つてピーク時流出率としては寧ろ低く降雨の約40%が流域に1時保留された事になる。

以上の様に積雪期における出水時の流出率は、一降雨の総流出率が降雨の高度変化を考へて、夫々74.5, 75.7, 67.9%と云う様に、可なり高い値を示すが、これは積雪が降雨の為にとけて流出する為である。特にピーク時流出率も104.1%と云う様に非常に高い値を示す事があるが、これも融雪期に於ける出水と同じく、積雪が融けて流れ出るためと考えられる。

iii) 融雪期に於ける出水の場合

月別流出率の項で述べた様に、4月5月に於てはその流域への降雨以外に、先に積つた雪が、気温の上昇、降雨等の原因の為に融けて、雪融け洪水の現象を生ずる。今月別流出率で最も高率を示した、昭和22年4月に於ける雪融け洪水の場合を見ると第18表の如し。

第18表 昭和22年4月の出水

番号	月日	降雨量 mm	流出量 m ³	一降雨総流出率
1	4.2	72.0	806,500	103.0%
	4.3	16.0	4,704,000	
2	4.9	25.1	528,000	111.6%
	4.10	0.9	1,184,000	
3	4.21	18.7	1,560,000	240.8%
	4.22	12.7	3,040,000	
	4.23	2.0(雪)	832,000	
	4.24	4.0(〃)	720,000	
4	4.29	34.0	1,115,600	55.3%

3の出水は、一降雨総流出率240.8%と云う高率の流出率を示しているが、此の時は気温は+19°Cから+20°Cと云う4月中で最高の気温を示した事が大きな原因となつている。

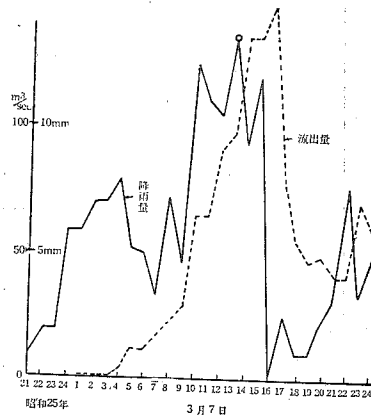
この時の場合降雨の高度変化を考慮に入れたとしてもその流出率=240.8× $\frac{1}{1.2}$ =200.8%となり、降雨の2倍が流出した事になり、如何に雪融け出水が、予期せざる出水を生ずるかの良い例である。

併し総体的に一降雨の総流出率は月別流出率310.9%に比較すると少いのであるが、これは積雪が融雪期に於ては、常時融けて流出し、降雨が無くとも高い基底流出量を示すからである。

8) 流出量の推計学的考察

流出量の推計学的考察については、他に於ても最近試みておるが、此処では日流出量の分布状況を推計学的に求めて見る事にする。

第13図 (イ)



上表の如く昭和22年4月には4回の出水があるが、何れも気温の上昇と降雨とを伴なつている。特に番号

即ち第3表の流入量の欄より昭和18年1月～昭和24年12月に至る間の各月毎に1ヶの sample をランダムに選ぶ。すると第19表の如き sample 群が得られる。之を更に第20表のI欄の如きグループに分けると、各グループに属する sample 数はIII欄の如くなり、その累積数はIV欄の如くなる。此のIII欄の実測度数分布は図に画くと第14図の柱状図となる。今此の流出量の実測度数分布に就いて考察を回らす時、一流域内に一度貯溜

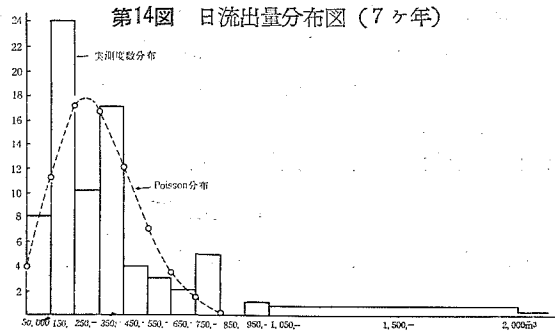
第19表 7ヶ年日流出量 サンプル

年月日	流出量	年月日	流出量	年月日	流出量
18.1.15	101,200	19.7.10	342,000	21.1.9	86,400
2.10	84,000	8.20	680,800	2.3	167,550
3.5	86,400	9.5	175,200	3.18	1,809,600
4.25	200,000	10.15	186,600	4.19	665,000
5.6	1,200,000	11.20	172,800	5.14	767,600
6.8	300,000	12.3	388,800	6.17	3,410,000
7.10	540,800	20.1.5	132,000	7.8	479,800
8.15	467,200	2.15	64,000	8.9	1,626,000
9.23	359,500	3.9	165,800	9.7	108,500
10.5	360,000	4.24	360,000	10.15	775,000
11.7	300,000	5.6	350,000	11.17	114,300
12.8	185,600	6.23	336,000	12.13	164,000
19.1.2	143,300	7.15	1,187,200	22.1.5	210,000
2.5	122,800	8.16	129,600	2.4	261,000
3.10	92,400	9.9	705,000	3.9	225,000
4.5	77,000	10.5	6,373,000	4.25	394,000
5.15	499,800	11.10	145,000	5.31	322,000
6.20	300,000	12.15	125,000	6.7	330,000
	330,000				
22.7.9		23.5.6	590,200	24.3.9	197,200
8.13	183,600	6.19	487,000	4.4	372,600
9.24	102,500	7.18	549,000	5.7	788,300
10.10	162,000	8.9	224,600	6.30	327,800
11.1	160,000	9.12	3,101,800	7.25	276,600
12.17	125,800	10.11	383,600	8.24	88,900
23.1.9	91,900	11.25	1,727,500	9.10	385,700
2.17	162,800	12.9	172,800	10.13	224,500
3.15	980,000	24.1.2	1,957,950	11.2	270,300
4.18	1,333,800	2.28	212,500	12.15	723,200

第20表 日流量実測度数

グループ		実測度数	累積度数
I	II	III	IV
0 ~ 100,000	正下	8	8
100,000 ~ 200,000	正正正正正下	24	32
200,000 ~ 300,000	正正	10	42
300,000 ~ 400,000	正正正正下	17	59
400,000 ~ 500,000	下	4	63
500,000 ~ 600,000	下	3	66
600,000 ~ 700,000	下	2	68
700,000 ~ 800,000	正	5	73
800,000 ~ 900,000		0	73
900,000 ~ 1,000,000	—	1	74
1,000,000 ~ 2,000,000	正下	7	81
2,000,000 ~ 5,000,000	下	2	83
5,000,000 ~ 10,000,000	—	1	84
Total		84	84

された水が徐々に流出するのであるから、放射能物質から一定時間内に放射される粒子数はポアソン分布をなす例より、此の場合もポアソン分布をなすと仮定し、理論分布値を求めて見る。但し第14図で明らかな如く通常のポアソン分布よりは右に長く裾を引いているので、理論的に



は右の裾まで含む事はほぼ不可能であろう事は最初から予想される所である。

実測度数分布の平均

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum x_i f_i = \frac{1}{84} (50,000 \times 8 + 150,000 \times 24 + 250,000 \times 10 + \dots + 7,500,000) = 558,000$$

平均値mなる場合のポアソン分布は

$$f(x) = \frac{m^x e^{-m}}{x!}$$

然し此の場合 $m = \bar{X} = 558,000$ としたポアソン分布は実測度数分布よりも右に外れるだろう事は第14図及び第21表より想像される。此れは洪水時に於ける特別の日流出量が影響する為に生ずる現象である。従つて今、日流出量 $1,000,000 \text{ m}^3$ 以上の場合即ち洪水時の日流出量を除いた場合の分布を考えると、

$$m = \bar{X} = \frac{1}{n} \sum x_i f_i = \frac{1}{74} (50,000 \times 8 + 150,000 \times 24 + \dots + 950,000) = 290,000$$

故に平均値の位置は大分上の場合より左へ寄つた訳である。此の時の poisson 分布は第22表の様になる。従つて期待度数分布は第23表の様になる。尙期待度数分布曲線は

第21表 m=5.5の時のpoisson分布		第22表 m=2.9の時のpoisson分布		第23表 期待度数分布	
x	f(x)	x	f(x)	$x_i \text{ m}^3$	期待度数分布
0	0.0041	0	0.0550	0	4.0
1	0.0225	1	0.1596	100,000	11.8
2	0.0618	2	0.2314	200,000	17.1
3	0.1133	3	0.2237	300,000	16.5
4	0.1558	4	0.1621	400,000	11.9
5	0.1714	5	0.0940	500,000	6.9
6	0.1571	6	0.0454	600,000	3.3
7	0.1234	7	0.0188	700,000	1.3
8	0.0849	8	0.0068	800,000	0.4
9	0.0519	9	0.0022	900,000	0.1
10	0.0285	10	0.0006	計	73.3
11	0.0143	11	0.0002		
12	0.0065				
13	0.0028				
14	0.0011				
15	0.0004				
16	0.0001				

第14図の線で示す部分である。之で明らかな如く日流出量1,000,000m³以下の部分は大体 poisson 分布をなす事が分る。従つて1,000,000m³以下の日流出量に就いては、昭和18年1月より24年12月に至る間の分布状況は平均 $m=290,000m^3$ 、分散 $\sigma^2=m=290,000m^3$ の poisson 分布で近似せしめる事が出来る。但し洪水時の流出量は特殊な事情の下に生ずる流出量故此の poisson 分布よりは外れる。

次に第3表より任意の年の日流出量を取つてその分布状況を調べる。此の場合365日の日流出量を毎日取つて、その実測度数を見ると第24表Ⅲ欄の如くである。Ⅲ欄の分布図は第15図の柱状図である。勿論此の場合も poisson 分布の裾を長くした様な形をしている。従つて365日の日流出量を取つた場合も1,000,000m³/day以下の流出量の日即ち1年中の $\frac{336}{365}=92.2\%$ を占める大多数の日はその流出量の性質は poisson 分布をなすが、残りの7~8%の時の流出量は日頃の性質と異なつた特殊な形を示し此の分布より外れる事を示している。

而して365日の日流出量の平均値

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum x_i f_i = \frac{1}{365} (100,000 \times 81 + 200,000 \times 94 + \dots + 7,550,000 \times 3) \\ = 504,000m^3/day$$

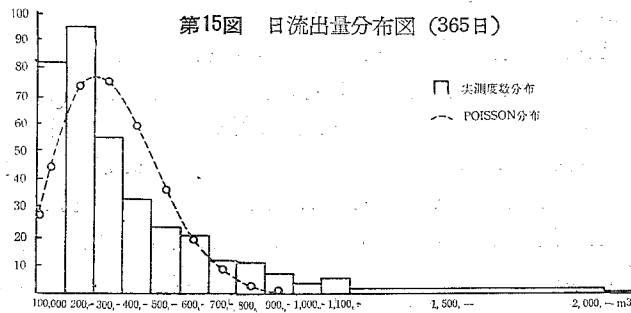
日流出量1,000,000m³/day以下の336日の日流出量の平均値 $= m = \frac{1}{n} \sum x_i f_i = \frac{1}{336}$

$$(100,000 \times 81 + 200,000 \times 94 + \dots + 1,000,000 \times 3) = 310,000m^3/day$$

第24表 日流出量分布 (365日)

I x_i 柁の中点	II 区 間	III f_i 実測度数	IV 相 对 度 数	V 「当嵌め られた」 ポアソン分布	VI 期 待 度 数
25,000	0 ~ 50,000	0	0	0.0450	15.1
100,000	50,000 ~ 150,000	81	0.2220	0.1397	43.5
200,000	150,000 ~ 250,000	94	0.2570	0.2165	73.0
300,000	250,000 ~ 350,000	54	0.1480	0.2237	75.0
400,000	350,000 ~ 450,000	32	0.0873	0.1733	58.2
500,000	450,000 ~ 550,000	23	0.0630	0.1074	35.5
600,000	550,000 ~ 650,000	20	0.0547	0.0555	18.6
700,000	650,000 ~ 750,000	11	0.0302	0.0246	8.2
800,000	750,000 ~ 850,000	11	0.0302	0.0095	3.1
900,000	850,000 ~ 950,000	7	0.0191	0.0033	1.1
1,000,000	950,000 ~ 1,050,000	3	0.0082	0.0002	0
1,100,000	1,050,000 ~ 1,150,000	5	0.0137		
1,500,000	1,150,000 ~ 2,050,000	8	0.0024		
2,550,000	2,050,000 ~ 3,050,000	10	0.0027		
4,050,000	3,050,000 ~ 5,050,000	3	0.0001		
7,550,000	5,050,000 ~ 10,050,000	3	0.0001		
Total		365	1.000	1.0000	336

従つて365日間の平均値と336日間の平均値では約200,000 m³/dayの相異が生ずる。之は1年中7~8%の日は日頃の流出量の数倍乃至数十倍の大きさの流出量がある為に生ずる現象である。今 m=310,000m³/dayの場合の poisson分布を取ると



$$f(x) = \frac{m^x}{x!} e^{-m} \text{ なる故}$$

$$f(x) = \frac{3.1^x}{x!} e^{-3.1}$$

$$\therefore f(0) = e^{-3.1} = 0.0450$$

$$f(1) = 3.1 \times 0.0450 = 0.1395$$

$$f(2) = 0.2165$$

⋮

$$f(19) = 0.0002 \quad (\text{第24表 V 欄参照})$$

従つて期待度数は第24表 VI 欄に示す様になる。期待度数を図で表わしたものが第15図線の部分である。

故に長い年月の記録があればある程、その母集団即ち長い年月の間に生ずるであろうところの1,000,000m³/day以下の流量の生起確率は poisson 分布より推測出来るのである。

然し、7ヶ年又は365日の日流出量の分布状況は、各月が集まつた結果形成されたもので、各月の日流出量の性格が夫々特性を持つているか何うかは、此の分布曲線では明らかでない。従つて今昭和18年より昭和24年の7ヶ年の間の1月のみを取つて1月が或る性格を持つているか何うかを調べた。

31×7=217 日の日流出量の分布状況は第25表に示す様に、特別な日を除けば大体 poisson 分布をなしている。

今出水時の日流出量も分布曲線の中に含める為に各流出量の対数を取り右より左へ引き寄せる操作を行つて見る。すると第26表の様な分布状況になり、実測度数の分布図は第16図の柱状の様な型を示す。今第26表より平均値を求めれば

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum x_i f_i = \frac{1}{217} (6 \times 2 + 8 \times 3 + 9 \times 39 + \dots + 18 \times 2 + 23) = 10.8$$

分散を求めれば

$$\sigma^2 = \frac{1}{n-1} \sum (x_i - \bar{x})^2 \times f_i = \frac{1}{217-1} \{ (6-10.8)^2 \times 2 + (8-10.8)^2 \times 3 +$$

$$(9-10.8)^2 \times 39 + \dots + (23-10.8)^2 \times 1 \} = 3.03$$

$$\therefore \sigma = 1.7$$

第25表 1月流出量分布

区 間 m ³	実測度数
0 ~ 40,000	0
40,000 ~ 50,000	2
60,000 ~ 80,000	11
80,000 ~ 100,000	51
100,000 ~ 120,000	53
120,000 ~ 140,000	43
140,000 ~ 160,000	18
160,000 ~ 180,000	14
180,000 ~ 200,000	8
200,000 ~ 240,000	7
240,000 ~ 300,000	4
300,000 ~ 400,000	2
400,000 ~ 600,000	1
600,000 ~ 800,000	2
800,000 ~ 1,000,000	0
1,000,000 ~ 2,000,000	1
計	217

而して此の分布は正規分布と考えれば

累積分布函数F_N(x)は

$$F_N(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{1}{2\sigma^2}(x-\mu)^2} dx$$

の形で表わされる

∴確率密度函数f_N(x)は

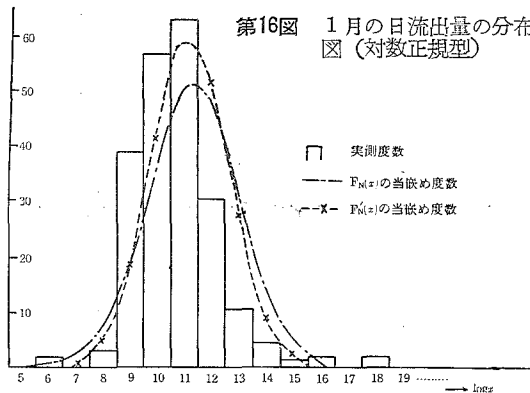
$$f_N(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{1}{2\sigma^2}(x-\mu)^2} \text{ となる。}$$

∴平均値 $\mu = \bar{x} = 10.8$ 分散 $\sigma = 1.7$ なる正規分布の累積分布函数F_N(x)は

$$F_N(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \times 1.7} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{1}{2 \times 3.03}(x-10.8)^2} dx \text{ である。}$$

而して今 $Z = \frac{x-\mu}{\sigma}$ 即ち $Z = \frac{x-10.8}{1.7}$

のxに第26表の④欄の種々なる値を与えると⑦欄の様なZの値を示す。Zの値よりF_N(x)を求めると⑧欄の如し。従つて「当嵌められた」理論累積度数は⑨欄に示されている。⑩欄は理論度数で此を図に画くと第16図の— — — — —線の部分で、略々実測値と合す。但し此の場合は、やはり出水時の日流出量は分布曲線より外れて了う。此の事は月々の日流出量は大体一つの特徴を持つが、出水時の日流出量はその性格から外れた特別のものであるから、此れは別個に取り扱わねばならぬ事を意味している。



第16図 1月の日流出量の分布図 (対数正規型)

上記の対数正規分布は凡ての日流出量を含めたものであるが、日流出量の中特に大であつた1,900,000m³/dayを別にした時の対数正規分布を求めると、

$$\mu' = \bar{X}' = 10.7$$

$$\sigma' = 1.4$$

なる正規分布を示す。此の場合の

$$Z' = \frac{x-\mu'}{\sigma'}$$

及び累積正規分布函数F_{N'}(x)の値は第26表の⑪, ⑫欄に示す通りで之より算出された理論累積度数及び理論度数は⑬, ⑭欄に示してある。此の理論度数を図に画くと第16図の(.....)線の部分で前記の— — — — —線の部分より更に実測分布に似ている。而して $\mu' = 10.7$ を流量におすと $\mu' = 119,200\text{m}^3/\text{day}$ となる。

第26表 対数変換(1月流出量)—対数正規型分布の「当嵌め」

①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭
区間 $n_1 - n_2$	$\log n_1 \sim \log n_2$	$\log n_1$ と $\log n_2$ の 点 (x_i)	座標 変換	実測度 数 (f_i)	実測累 積度数	Z	$F_N(x)$	理論累積 度数	理論 度数	Z'	$F_N'(x)$	$F_N'(x)$ 理論累積 度数	$f_N'(x)$ 理論度数
	m^3												
28,000 ~	35,000	4.45~4.55	4.5	5	0	0	-3.4			-4.0			
35,000 ~	45,000	4.55~4.65	4.6	6	2	2	-2.5	0.0012	1.3	1.3	-3.3		
45,000 ~	57,000	4.65~4.75	4.7	7	0	2	-2.2	0.0139	3.1	1.8	-2.6	0.0047	1.0
57,000 ~	71,000	4.75~4.85	4.8	8	3	5	-1.6	0.0548	11.9	8.8	-1.9	0.0287	6.2
71,000 ~	89,000	4.85~4.95	4.9	9	39	44	-1.1	0.1357	29.4	18.5	-1.2	0.1151	25.0
89,000 ~	113,000	4.95~5.05	5.0	10	57	101	-0.5	0.3085	66.9	37.5	-0.5	0.3085	66.9
113,000 ~	141,000	5.05~5.15	5.1	11	63	164	0.1	0.5398	117.0	50.1	0.2	0.5793	125.3
141,000 ~	178,000	5.15~5.25	5.2	12	31	195	0.7	0.7580	164.8	47.8	0.9	0.8159	177.0
178,000 ~	225,000	5.25~5.35	5.3	13	11	206	1.3	0.9032	196.0	31.2	1.6	0.9452	205.0
225,000 ~	282,000	5.35~5.45	5.4	14	5	211	1.9	0.9713	210.3	14.3	2.3	0.9893	214.2
282,000 ~	355,000	5.45~5.55	5.5	15	1	212	2.5	0.9938	215.4	5.1	3.1	0.9992	216.3
355,000 ~	447,000	5.55~5.65	5.6	16	2	214	3.1	0.9992	216.8	0.6	3.6		
447,000 ~	563,000	5.65~5.75	5.7	17	0	214	3.7						
563,000 ~	709,000	5.75~5.85	5.8	18	2	216	4.2						
709,000 ~	892,000	5.85~5.95	5.9	19	0		4.9						
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮								
1,900,000 ~	2,200,000	6.27~6.34	6.3	23	1	217							

以上の事より日流出量 $1,000,000\text{m}^3$ 以下の流出量については月にも月特有の性格があり、その性格が重なり合つて1年の日流出量の分布状況を呈している事が分る。尙 $1,000,000\text{m}^3/\text{day}$ 以上の流出量即ち洪水時の流出量は特別に取扱わねばならぬ事も分つた。

9) 結 論

以上述べた事柄は、三浦貯水池に於て、貯水池式発電堰堤を利用して、年流出率、月別流出率、期別流出率、日流出率、出水時流水率等各種流出率を算出する事、降雨の流域内高度に依る変化及び流出量の推計学的考察等であるが、尙残されている問題もある。

今以上の事を要約すると、

1) 発電堰堤を利用して流出率を算出する事は、他の方法に比較して、簡便にして且つ正確である。又費用の点から云つても低廉ですむ。即ち発電上の副次的作業つまり記録を取る作業を行う事に依つて正確な結果が得られる。

2) 本調査地の如く、調査地内の高度変化の激しい処では、降雨、降雪の降度変化が激しく、従つて低位部の雨量観測にのみ頼つて、流出状況を算出する事は危険である。此処の様に雨量観測所が一ヶ所しかない様な処では、之を流域平均面積高度の降雨量に補正して、流出状況を算出する事が簡便である。併し理想的には雨量観測地点を多数設けるが望ましい。

3) 本調査地の年流出率は 85.1% (7ヶ年平均)で年流出率としては高い値を示すが、之は本調査地が山嶽地帯で、地質も強固な為である。

4) 月別流出率を見ると月に依つて変化が大きい、一年を積雪期、融雪期、普通期の三期に分けると 61.3% 、 129.8% 、 84.2% となる。

5) 日降雨強度と日流出率との関係は、大略

$$\text{積雪期に於ては } y = \frac{a}{x} + b$$

$$\text{融雪期、普通期に於ては } y = \frac{a}{x} + be^{cx} + d$$

と予想される。

6) 出水時に於ける流出率は、一降雨総流出率とピーク時流出率とがあり、その時の土壤の乾湿状況に依つて異なるが、ピーク時流出率はピークが二つある様な場合には後の場合には約 100% にもなり、危険である。又融雪期には特に大きい流出率を示す事がある。

7) 流出量に就いては、之を推計学的に見ると日流出量 $1,000,000\text{m}^3/\text{day}$ 以下の分布状況は、大略 poisson 分布又は対数正規型分布を示す。但し $1,000,000\text{m}^3/\text{day}$ 以上の出水時流水量に就いては特別に処理しなければならぬ。

第3章 黒部川の流出*

* 註 黒部川の流出については、さきに信州大学農学部学術報告に報告してあるので、本論文に於ては簡単に説明する。

1) 調査地の状況及び調査方法

黒部川は富山県にあり且つその流域は長野県，新潟県，岐阜県に接し南北に細長く，且つ周囲には白馬嶽(2,933.0m)，五郎嶽(2,924.3m)，鷲嶽(2,925.0m)，立山(3,015.0m) 劔嶽 (3,003.0m)等高峻な山がそびえ，河川延長約70kmの急勾配の河川である。(第17図参照)。従つて発電上に於ては利用価値高く仙人谷より下流には発電施設が多数ある。此の黒部川の流出の状況を，三地点より検討したのである。即ち平の小屋測水所(河口より約60km上流，標高1,364m，流域面積149km²)と鐘釣測水所(河口より約32km上流，標高450m，流域面積420km²)及び宇奈月測水所(河口より約20km上流，標高200m，流域面積613km²)の上流地点，中流地点，下流地点の三地点より検討した。他に参考的には樺平，祖母谷，小黒部谷，黒薙4測水所の流出状況も調査した。尤も此処でも調査の基礎となつたのは，流量年表，降水量年表，気温，水温，降雪，積雪年表の三表である。尙此等の流量，気象観測が大正8年頃より行われて居た地点もあるが，黒部川全川に渉つて最も観測の完備して居るのは大正15年頃より昭和10年頃迄の約10ヶ年である。従つて本調査も此の10年間位に重点を置いた。

2) 年流出率及び月別流出率

年流出率は次式で算出する。

$$\text{年流出率} = \frac{\text{一年間の総流出量}}{\text{一年間の全流域降水量}}$$

而して一年間の総流出量は第27表の如き流量年表より

$$\sum_{12月31日}^{1月1日} x \quad (\text{但し } x \text{ は日流出量 } m^3/day)$$

によつて求める。但し此の場合の様に流量年表に於て流量が毎秒当りの流量で表わされている時には，

$$\text{日流出量 } x \text{ } m^3/day = 60 \times 60 \times 24 \times x'$$

(但し x' は流量年表にて表わされている毎秒当りの流量 m^3/sec)

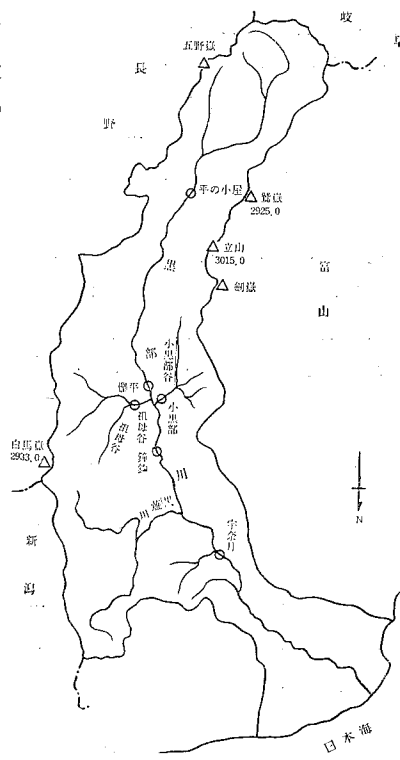
従つて一年間の総流出量を X とせば

$$X = \sum x = \sum 60 \times 60 \times 24 \times x' = 60 \times 60 \times 24 \times \sum x'$$

次に一年間の全流域降水量を Y とし，その流域内で年間雨量 y_1 の面積が a_1 ， y_2 の面積が a_2 ， $y_3 \dots a_3, \dots$ とせば

$$Y = a_1 \times y_1 + a_2 \times y_2 + \dots = \sum_{i=1}^i a_i y_i$$

第17図 黒部川流域



第27表 流量年表例
平の小屋 昭和5年

月 日	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
	m ³ /sec	m ³ /sec	m ³ /sec	m ³ /sec	m ³ /sec	m ³ /sec	m ³ /sec	m ³ /sec	m ³ /sec	m ³ /sec	m ³ /sec	m ³ /sec
1	5.87	4.41	3.98	6.88	42.9	21.6	37.3	41.7	8.80	8.80	9.90	7.46
2	"	"	"	6.24	33.4	28.8	33.4	48.8	"	8.12	10.7	6.84
3	5.61	"	4.41	5.92	62.1	53.5	47.6	27.1	8.46	14.5	22.7	"
4	"	4.19	35.2	5.62	32.7	24.6	30.4	22.3	8.12	10.7	10.7	6.54
5	"	"	11.0	5.92	25.1	21.6	28.1	20.4	"	10.3	9.16	6.25
6	5.35	"	6.56	7.22	39.1	25.2	40.0	19.2	7.78	9.52	84.6	6.54
7	5.61	"	5.32	8.64	38.4	20.1	55.2	17.5	"	8.80	8.12	5.97
8	"	3.98	5.03	11.4	26.9	20.1	30.9	17.0	"	8.46	7.78	5.69
9	"	4.19	"	18.2	25.7	19.2	27.0	16.0	7.46	8.12	"	"
10	5.87	3.98	4.75	19.8	88.3	18.0	35.3	15.0	7.15	7.78	15.5	5.67
11	"	4.19	5.03	15.6	62.1	18.4	145	14.1	"	7.46	12.7	5.43
12	5.61	3.98	4.75	43.7	32.0	17.7	84.4	13.6	"	7.78	9.90	"
13	5.35	"	4.21	20.4	30.7	"	60.8	"	"	7.46	8.80	"
14	5.75	5.35	"	15.1	28.8	"	44.6	12.7	"	7.15	8.46	"
15	5.10	4.41	"	13.7	26.9	17.1	38.1	12.3	10.3	6.84	8.46	4.92
16	4.86	3.98	"	23.3	28.8	17.2	33.2	11.9	11.5	"	8.12	5.17
17	"	3.78	"	15.6	29.4	28.8	30.1	"	13.2	6.54	"	"
18	"	"	3.95	13.2	23.9	29.6	27.2	11.5	17.0	"	9.46	5.69
19	5.10	3.98	"	"	25.7	19.2	23.9	11.1	14.5	"	7.15	5.43
20	5.10	3.78	"	15.6	66.0	17.7	"	11.1	11.9	6.25	6.84	5.17
21	4.86	"	3.71	43.3	75.3	17.4	25.8	13.6	9.16	8.80	10.3	"
22	4.63	"	3.95	51.0	34.7	28.8	19.9	11.5	8.46	6.54	"	"
23	4.86	3.98	"	22.7	28.0	90.9	"	10.7	8.12	6.25	9.78	"
24	"	"	"	18.7	24.6	29.8	19.4	"	10.7	"	7.15	4.92
25	"	8.23	4.21	25.2	22.2	24.2	18.4	10.3	8.12	"	6.84	"
26	4.63	5.10	4.75	117	21.1	75.7	22.1	9.90	"	"	"	5.17
27	4.41	4.41	5.32	51.2	21.1	97.3	36.0	9.52	10.7	11.1	"	4.92
28	"	4.19	5.62	27.5	20.1	95.5	19.6	9.16	8.12	9.46	"	"
29	"	"	12.3	36.2	25.2	139	11.4	"	"	7.15	6.54	"
30	"	"	23.3	95.4	23.9	73.6	16.0	9.52	11.5	18.1	6.54	"
31	"	"	9.80	"	21.1	"	29.1	8.80	"	10.3	"	4.68
合計	159.43	120.80	208.80	773.04	1,086.21	1,127.8	1,121.0	481.66	278.37	258.95	272.98	171.66
平均	5.14	4.31	6.74	25.8	35.0	37.6	36.2	15.5	9.28	8.35	9.10	5.54
総計	6,160.69m ³ /sec											

となる。然して此の流域を代表し得る流域平均年降水量を y とし、且つ全流域面積を A とせば、

$$Y = \sum a_i y_i = Ay$$

$$\therefore y = \frac{\sum a_i y_i}{A}$$

但しyは一年間の降水量故

$$y = \sum y' \quad (y' \text{は日降水量})$$

$$\therefore Y = A \sum y'$$

となる。

$$\therefore \text{年流出率} = \frac{\text{一年間の総流出量}}{\text{一年間の全流域降水量}} = \frac{X}{Y} = \frac{60 \times 60 \times 24 \sum x'}{A \sum y'} = k \frac{\sum x'}{\sum y'}$$

従つて k を求め置けば流量表と、その流域の降雨を代表し得る観測点の降水量表より年流出率は求められる。

例えば平の小屋に於ける k は、流域面積149km²なる故

$$k = \frac{60 \times 60 \times 24}{149 \times 1000 \times 1000} = 0.00058 \quad \therefore \text{年流出率} = 0.00058 \times \frac{\sum x'}{\sum y'}$$

同様にして鐘釣に於ける k は流域面積420km²なる故 $k = 0.0002058$
 宇奈月に於ける $k = 0.0001408$ となる。

上記の k は月別流出率を算出する場合もそのまま使用出来る。即ち

$$\text{月別流出率} = \frac{\text{1月間の総流出量}}{\text{1月間の全流域降水量}} = \frac{60 \times 60 \times 24 \sum_{1\text{月間}} x'}{A \times \sum_{1\text{月間}} y'} = k \frac{\sum_{1\text{月間}} x'}{\sum_{1\text{月間}} y'}$$

と同じkを用いれば良い。

此処で最も問題になるのは流域内で、雨量的に流域を代表し得る地点の降雨量即ちy'なるものである。尤も流域内に多数の雨量観測点があれば、降水量図を画き、流域平均降水量を求める事が出来るが、黒部川流域の様な山嶽地帯では雨量観測点が非常に少く、従つて降水量図を画く事は困難である。従つて此の様な流域では最も合理的方法で流域代表降雨量(流域平均降雨量)を推測するより外ないのである。

処で今前述の様に流域を、平の小屋、鐘釣、宇奈月の三地点で、上流部、中流部、下流部の三つに分け、一応、上流部の降雨量の代表値としては平の小屋の降雨量、中流部は鐘釣の降雨量、下流部は宇奈月の降雨量を取つて年流出率及び月別流出率を算出すると第28表の様になる。此の表で明らかな様に、上流、中流、下流各部共平均年流出率が1以上になっているのは、平の小屋、鐘釣、宇奈月の降雨量を流域代表降雨量と取つた為に生じた現象である。従つて之は補正しなければならぬ。

3) 流域内の気象変化及100平方km当り流量

黒部川流域の如く、流域内の高度、方位等の変化の激しい処では当然気象変化も激しいと思われる。例えば低位部と高位部の日降雨量、月降雨量、年降雨量は必ずしも一致しないであろう。高度と降雨量との関係は伊那谷の例が第5図に示してある。

其処で黒部川の上流、中流、下流部の流域平均面積高度を1/50,000の地図にグラフ用紙を当てて算出して見ると、第29表の様になる。即ち上流部2,120m、中流部1,940m、

下流部1,720mとなる。

第28表 年流出率及月別流出率

(1) 年流出率				(2) 月別流出率				
年	地名	平の小屋	鐘 釣	宇奈月	月	平の小屋	鐘 釣	宇奈月
大正10年	—	—	1.143	1.188	1	0.309	0.382	0.358
11年	—	—	1.237	1.032	2	0.257	0.319	0.353
12年	—	—	1.350	1.305	3	0.363	0.413	0.554
13年	—	—	1.065	1.232	4	0.717	1.162	1.396
14年	—	—	1.230	1.101	5	3.091	2.875	3.590
15年	—	—	1.150	1.523	6	2.995	2.940	3.192
昭和2年	1.143	1.107	1.566		7	1.318	1.823	2.330
3年	1.193	1.287	1.763		8	1.469	1.533	1.805
4年	1.022	1.112	1.305		9	0.972	0.977	0.946
5年	1.072	1.036	1.250		10	1.318	1.030	0.918
6年	1.121	1.072	1.178		11	0.694	0.604	0.622
7年	1.041	1.073	0.978		12	0.403	0.403	0.513
8年	1.097	0.937	0.927					
9年	1.087	1.203	0.937					
10年	—	1.098	1.127					
11年	—	1.024	1.081					
平均	1.097	1.133	1.224					

第29表 流域平均面積高度

上 流				下 流			
(1) 標高m	(2) 標高平均m	(3) グラフ目盛数ヶ	(4) (2)×(3)	(1) 標高m	(2) 標高平均m	(3) グラフ目盛数ヶ	(4) (2)×(3)
1,000~1,400	1,200	1.5	1,800	200~600	400	82	32,800
1,400~1,800	1,400	70	98,000	600~1,000	800	241	192,800
1,800~2,200	2,000	201	402,000	1,000~1,400	1,200	356.5	427,800
2,200~2,600	2,400	130	312,000	1,400~1,800	1,600	468	748,800
2,600~2,800	2,700	68	183,600	1,800~2,200	2,000	544	1,088,000
Total		470.5	997,400	2,200~2,600	2,400	448	1,095,200
平均面積高度 = $\frac{997,400}{470.5} \div 2,120$				2,600~3,000	2,800	109	303,200
				Total		2,248.5	3,868,600
				平均面積高度 = $\frac{(4)のTotal}{(3)のTotal} \div 1,720$			
中 流							
(1) 標高m	(2) 標高平均m	(3) グラフ目盛数ヶ	(4) (2)×(3)				
200~600	400	5	2,000				
600~1,000	800	61	48,800				
1,000~1,400	1,200	169.5	203,400				
1,400~1,800	1,600	361	580,600				
1,800~2,200	2,000	474	948,000				
2,200~2,600	2,400	407	996,800				
2,600~3,000	2,800	103	288,400				
Total		1,580.5	3,068,000				
平均面積高度 = $\frac{(4)のTotal}{(3)のTotal} \div 1,940$							

処で先に行つた年流出率及び月別流出率の算出では、上流部は平の小屋(標高1,364m) 中流部鐘釣(標高450m) 下流部宇奈月(標高200m) を基礎とした訳だから、若し黒部川の流域も降雨の高度に依る変化が第5図の様な傾向を示すとすると、流域の代表として取つた降雨量は何れも少な過ぎた事になる。

例えば上流部について第5図を使つて補正して見ると上流部流域平均面積高度に於ける降雨量は平の小屋の降雨量の1.5倍の値を示す。従つて此の値が流域代表降雨量とせば8ヶ年平均年流出率は $\frac{1.097}{1.5} = 0.73$ となり大略真の年流出率に近くなつたと見られる。

併し中流部、下流部の如く全流域平均面積高度が1,940m, 1,720mに対し降雨量観測地点が450m, 200mである様な場合には第5図をそのまま使用して補正する事は危険である。其処で補正值としては中流部、下流部の流域平均面積高度地点に降る年降雨量を、観測地点に降る年降雨量の1.7倍及び1.8倍とすると、16ヶ年間の鐘釣に於ける平均年流出率は $\frac{1.133}{1.7} = 0.67$ となり、宇奈月に於ける平均年流出率は $\frac{1.224}{1.8} = 0.68$ となり大略正しい値に見られる。

月別流出率についても同様な処理を行つると第30表の様になる。之によつて明らかな様に積雪期、融雪期、普通期によつて月別流出率が非常な相異を示し、融雪期の月の中には積雪期の月の10倍の流出率を示す月すらある。

第30表 補正月別流出率

地名 月	平の小屋	鐘 釣	宇奈月
1	0.21	0.22	0.20
2	0.17	0.18	0.19
3	0.24	0.24	0.31
4	0.47	0.68	0.78
5	2.06	1.69	1.99
6	1.86	1.73	1.77
7	0.88	1.09	1.29
8	0.97	0.90	1.00
9	0.65	0.58	0.53
10	0.88	0.61	0.51
11	0.46	0.35	0.36
12	0.27	0.24	0.29

尙降雨の高度に依る変化状況についても黒部川流域について、或は類似流域について求めて使用する事が望ましい。

次に上流部、中流部、下流部及小黒部谷測水所と祖母谷測水所の100km²当り流量(最大、湧水、平均)を求めると第31表及第32表となる。即ち上流部、中流部、下流部について見るならば流域面積が広くなればなる程、100km² 当りの年最大流量は小さくなると同時に、年湧水量は大となる。これは出水時に於て流域面積が小であれば大流域に比較して一時に流出して、従つて100km² 当りの流量が大となるが、一方大流域に於ては出水時に一時に降雨が出水せず徐々に流出し従つて100km² 当りの最大流量は

小となるが湧水流量は、水源が小流域に比較して涵養されている為大となる。平均流量は流域の広さには、他の条件即ち気象条件等が同じであれば大差ないと思われる。

処が小黒部谷測水所に於ける100km²当り流量を見ると、小黒部谷は流域面積31.8km²で他の本川3測水所に比較すると非常に流域が小であるにも関わらず湧水量も左程低くなく、且つ平均流量が他よりも20%以上も高い。之は此の流域が他の流域に比して降雨量が高い為と思われる。即ち本川に対し方位が異なり従つて気象条件が異なる為と思われる。更に祖母谷測水所と比較すると祖母谷測水所は流域面積 56.3km² であるが年平

均流量は $10.8\text{m}^3/\text{sec}$ で之に対して小黒部測水所は年平均流量 $16.5\text{m}^3/\text{sec}$ で約60% 高い値を示す。之も明らかに流域の方位が反する為に生ずる現象と思われる。

第31表 100km² 当り 流量

年	平 の 小 屋			鐘 釣			宇 奈 月		
	最 大	濁水	平均	最 大	濁水	平均	最 大	濁水	平均
大正15年	201.0	2.36	—	118.3	3.00	15.1	104.0	3.83	15.7
昭和2年	166.0	3.00	—	134.0	3.00	13.3	109.0	3.81	13.8
" 3 "	305.0	2.23	—	108.0	3.31	11.7	60.4	4.26	11.9
" 4 "	140.0	2.36	—	40.5	2.78	10.8	45.4	4.19	12.6
" 5 "	261.0	2.65	—	198.0	3.29	11.8	125.0	3.95	12.7
" 6 "	293.0	2.41	—	146.0	3.00	12.5	130.0	3.26	13.3
" 7 "	185.0	2.35	—	64.0	3.10	10.7	57.7	3.25	11.7
" 8 "	208.0	2.30	—	73.8	2.95	10.9	67.2	3.03	11.6
" 9 "	409.0	2.35	—	314.0	2.76	17.6	238.0	3.15	14.5
" 10 "	342.0	2.67	—	68.3	3.52	11.5	63.8	3.85	12.4
平 均	251.0	2.47	—	126.5	3.08	12.6	100.0	3.66	13.0

第32表 ㊸ 小黒部谷測水所100km²
当り流量

年	最 大	濁水	平均
大正15年	168.0	2.99	20.1
昭和2年	151.0	2.99	18.1
" 3 "	55.0	3.33	14.1
" 4 "	406.0	2.86	15.4
" 5 "	314.0	3.30	15.3
" 6 "	191.0	3.02	15.4
" 7 "	121.0	3.14	15.1
" 8 "	189.0	3.05	15.2
" 9 "	701.0	2.83	22.3
" 10 "	72.0	3.59	13.7
平 均	236.8	3.11	16.5

第32表 ㊹ 祖母谷測小所100km²
当り流量

年	最 大	濁水	平均
大正15年	74.9	2.98	13.2
昭和2年	101.0	3.00	12.7
" 3 "	39.0	3.34	9.8
" 4 "	33.0	2.86	9.5
" 5 "	106.0	3.30	9.8
" 6 "	159.0	3.02	10.6
" 7 "	39.2	3.14	9.1
" 8 "	56.4	3.06	9.4
" 9 "	501.0	2.82	15.2
" 10 "	55.9	3.59	9.3
平 均	116.5	3.11	10.8

4) 出水時の流出量

出水時に如何程の大きさの洪水が生じ、又その洪水は何年に幾度位やつて来るかを知る事は洪水対策上重要な事である。其処で宇奈月に於ける $300\text{m}^3/\text{sec}$ 以上の日流量が大正10年より昭和10年迄の15年間に幾回あつたかを調査すると全部で85回あつた。その度数分布表は第33表に示す通りである。之を柱状図に画くと第18図の様になる。

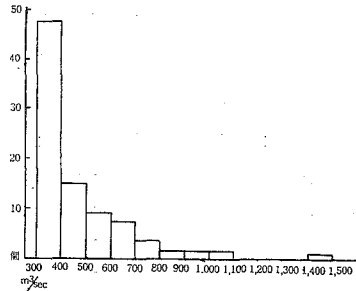
之で見ると $1,500\text{m}^3/\text{sec}$ の様な大洪水は15年に1回位しか生じないが $300\sim 400\text{m}^3/\text{sec}$ 程度の出水は平均1年に3回位生じ、 $400\sim 500\text{m}^3/\text{sec}$ の洪水は平均1年に1回生じている計算になる。

5) 結 論

第33表 出水度数分布

流 量	度数
xi	f(xi)
300~ 400	47
400~ 500	15
500~ 600	9
600~ 700	7
700~ 800	3
800~ 900	1
900~1,000	1
1,000~1,100	1
1,100~1,200	0
1,200~1,300	0
1,300~1,400	0
1,400~1,500	1
1,500 以上	0
計	85

第18図 洪水度数分布図



以上を要約すると

1) 黒部川は発電の目的から、流量調査が他に比較して盛に行われ、且つ水路式発電堰堤に於ても流量及び気象観測が長い期間行われているので、水の流出の状況を算出するに便利である。

2) 年流出率及び月別流出率を算出する場合、流量表中に日流量が m^3/sec で表わされている場合

$$k = \frac{60 \times 50 \times 24}{A} \quad (A \text{ は流域面積})$$

を用いると便利である。又流域代表降雨量 (= 流域平均降雨量) の算出には注意しなければならぬ。

3) 流域内の気象状況は高度、方位等によつて非常に異なる。

4) 黒部川に於ては積雪期、融雪期、普通期によつて非常に流出率が異なり、宇奈月に於ては5月の月別流出率は2月の約10倍と云う大きい数字を示す。

5) $100km^2$ 当り流量は普通流域が大となると最大流量は低下し、湧水量は増大する。又同一河川でも流域の方位が異なると $100km^2$ 当り流量が著しく異なる。

6) 黒部川の出水時日流量は宇奈月に於て15年に1度の出水では約 $1,500m^3/sec$ 、1年に1度程度の出水では $400 \sim 500m^3/sec$ である。

第4章 犀川の流出

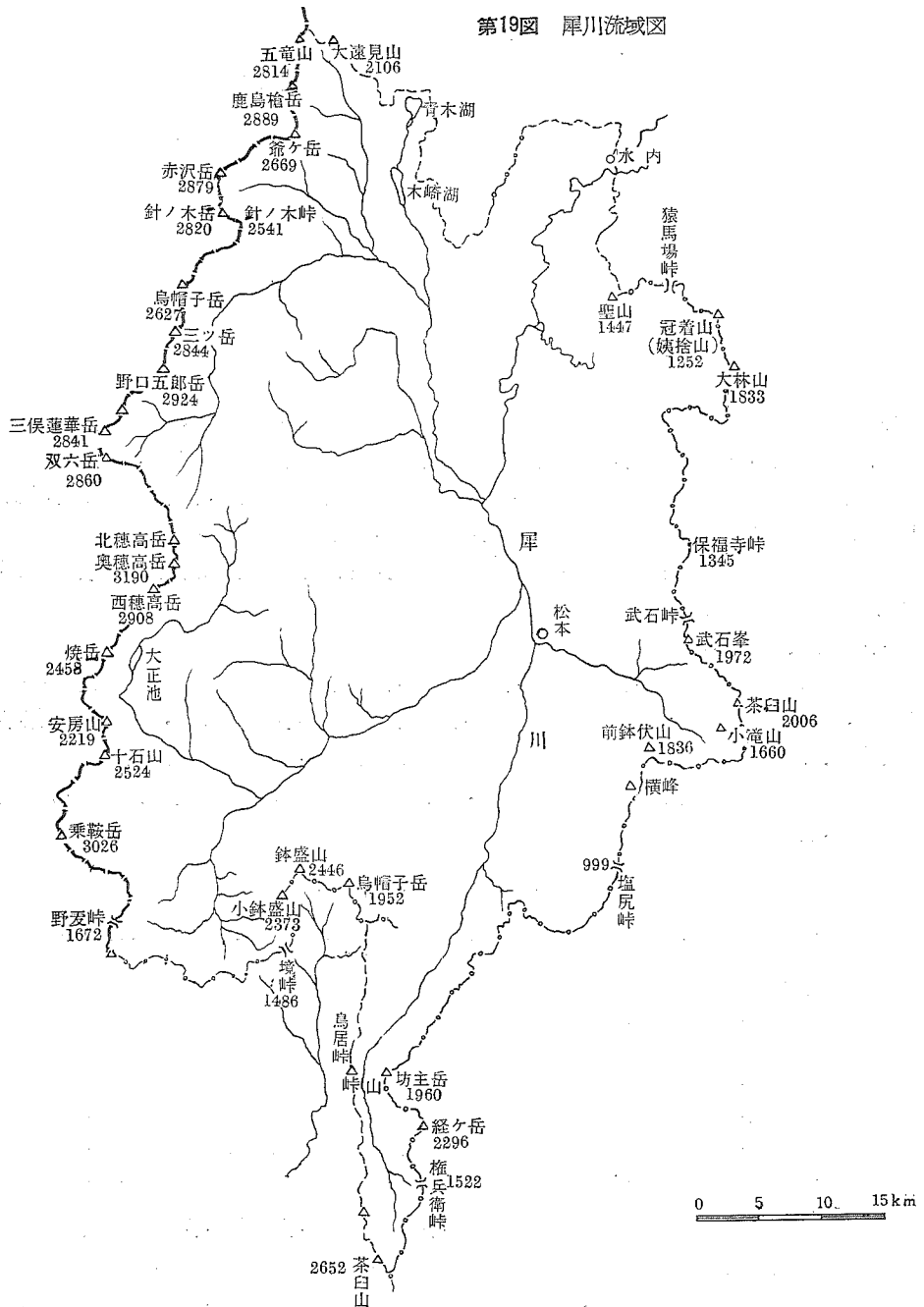
1) 調査地の状況及び調査の方法

犀川は第1図に示す様に長野県の中央やや西寄りに北に向つて流れている川で第19図にある様に流域は面積2,590平方km、周囲は赤沢岳 (2,877m) 野口五郎岳 (2,924m) 奥穂高岳 (2,908m) 乗鞍岳 (3,026m) 等西側には3,000m前後の高山がそびえ、南側及び東側には鉢盛山 (2,446m) 経ヶ岳 (2,296m) 茶臼山 (2,006m) 等の山々が取囲み、流域内には松本市を中心とする盆地或は青木湖、木崎湖、大正池等湖沼があり、非常に複雑な地形をなしている。

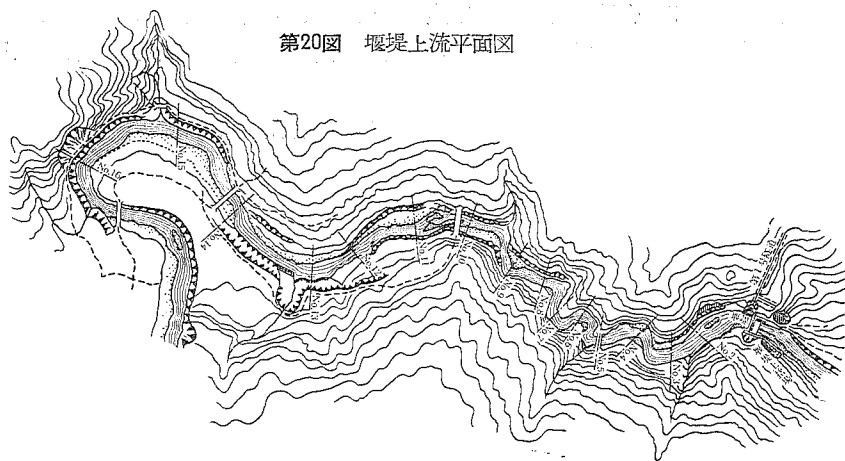
この犀川の流出状況を調査した水内ダムは、長野県上水内郡水内村にあり、犀川が長野

市に流れ出て千曲川と合流せんとする丁度咽喉部に位し、第20図に示す様に左岸より取り入れて発電をしている。従つて水内ダム地点に於ける流量は発電上、洪水調節上重要

第19図 犀川流域図



第20図 堰堤上流平面図



なので正確に記録してある。

水の流出の状況については、水内ダムに於ける流量記録を基礎とし、降雨量はダム地点の降水量の他、長野、松本等流域内及び流域附近の降水量を参考として算出した。

流域内からの土砂の流出状況は、ダム地点に於ける堆砂状況より算出し、又化学成分の流亡状況は、流出水及び流出土砂の化学分析より算出した。

即ち犀川に於ける流出の研究は、水、土砂、化学成分の三方面の流出機構を見るのが目的である。

2) 年流出率及び月別流出率

水内ダム地点に於ける、年降雨量、年流出量、年流出率を流量記録、降水記録を基礎として算出すると第34表の様になる。即ち年流出率が6ヶ年平均で125.8%となり毎年100%以上を示す。此の理由は明らかに水内地点の降雨量が流域の平均降雨量よりも小なる為で、従つて流域内の正しい降水量を算出する為には流域内の気象変化を充分調査研究して算出しなければならぬ。

第34表 年降雨量、流出量、流出率

年 度	年降雨量 mm	全流域降水量 m ³	年流出量 m ³	年流出率 %
昭和22年	736.8	1,908,312,000	2,754,138,000	144.3
23年	923.3	2,391,341,000	2,755,486,080	115.2
24年	1,211.1	3,136,749,000	3,441,312,000	109.7
25年	1,211.7	3,138,303,000	3,823,951,680	121.8
26年	806.2	2,088,058,000	3,131,291,520	149.9
27年	1,282.9	3,322,711,000	3,781,840,320	113.8
平 均	1,028.7	2,664,247,000	3,281,336,640	125.8

次に同様にして月別の流出の状況を昭和22年より昭和27年の6ヶ年について調査すると、各月の流出量、雨量は第35表の如し。更に6ヶ年平均の各月の流量、雨量を図にすると第21④図となり流出率を算出すると第36表5欄となる。此の場合も前述の水内ダ

ム地点の降雨量は流域平均降雨量よりは低い故、流出率は高い値を示している訳である。然し水内地点の様に流域が広がると月別流出率の変化が三浦貯水池或は黒部川の様に激しくなく、積雪期、融雪期、普通期の三期が明瞭には分られない。唯3月4月5月が他に比較して、流出率が高いのはやはり幾分流域内の融雪が影響しているのではな
いかと思われる。

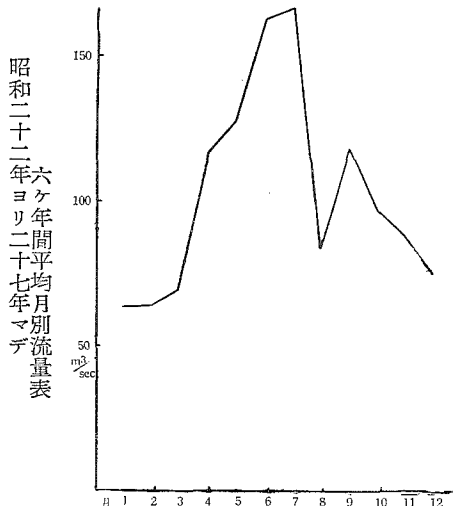
3) 流域内の気象変化

上述の様に年及び月別流出率が非常に高い値を示す最も大きな原因は、流域が広い為、

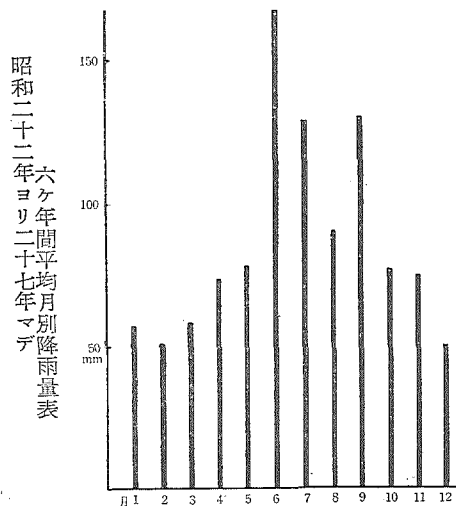
第35表 月雨量、流量

年	月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
昭和22年	流量m ³ /sec	58.2	46.7	57.8	78.5	165.1	119.6	135.4	66.0	90.0	73.0	56.0	46.3
	雨量mm	44.7	26.7	3.0	82.2	131.1	113.3	61.6	49.7	127.0	24.0	3.9	42.4
昭和23年	流量m ³ /sec	40.8	39.1	46.9	84.1	92.4	88.3	109.9	82.3	122.3	129.8	118.7	91.3
	雨量mm	36.8	15.7	36.0	56.3	41.5	76.1	126.3	91.6	206.6	94.6	100.4	37.4
昭和24年	流量m ³ /sec	83.0	57.9	67.2	75.2	135.2	180.2	136.0	64.1	198.8	117.3	105.6	88.0
	雨量mm	53.8	94.8	64.8	80.0	83.9	145.4	68.5	117.7	228.7	123.3	78.2	72.0
昭和25年	流量m ³ /sec	70.0	124.8	82.6	125.6	122.8	329.7	119.9	107.3	95.5	103.3	95.8	83.3
	雨量mm	94.0	51.3	51.7	64.0	73.6	224.6	96.4	151.9	62.1	141.1	96.9	104.1
昭和26年	流量m ³ /sec	58.3	56.4	79.2	141.9	111.8	124.3	240.5	78.9	77.2	65.9	79.8	74.0
	雨量mm	37.7	59.9	52.5	99.1	42.1	98.5	145.2	19.2	50.0	43.3	127.5	31.2
昭和27年	流量m ³ /sec	68.6	52.5	84.1	185.4	145.5	150.8	271.6	103.9	135.9	94.7	77.9	63.9
	雨量mm	81.7	53.5	118.1	126.8	71.2	247.0	275.5	114.0	105.9	29.2	42.6	17.4
6ヶ年間	流量合計	378.9	377.4	417.8	710.6	772.8	992.9	1013.3	502.5	719.2	584.8	533.8	44.6
	雨量合計	348.7	301.9	353.3	508.4	443.4	1,005.9	773.5	544.1	780.3	455.5	449.5	304.5
"	流量m ³ /sec 平均	63.1	63.0	69.6	118.4	128.8	165.4	168.8	83.7	119.8	97.4	88.9	74.4
	雨量mm 平均	58.1	50.3	58.8	73.06	76.9	167.6	128.9	90.6	130.0	75.9	74.9	50.7

第21図 ㊶



第21図 ㊷



第36表 平均月別流出率

① 月別	② 平均月降雨量	③ 全流域降水量	④ 平均月流出量	⑤ 平均月別流出率
	mm	m ³	m ³	%
1	58.1	150,479,000	169,140,960	112.4
2	50.3	130,277,000	152,409,600	117.0
3	58.8	152,292,000	234,194,532	153.7
4	73.0	189,225,400	306,768,000	162.1
5	76.9	199,171,000	344,977,920	177.3
6	167.6	434,213,500	428,716,800	98.7
7	128.9	333,851,000	452,113,920	135.4
8	90.6	234,861,200	224,316,000	95.5
9	130.0	336,829,500	310,677,120	92.2
10	75.9	196,606,900	261,036,864	132.7
11	74.9	194,016,900	238,136,544	122.7
12	50.7	131,442,500	199,433,664	151.7

流域内の降雨量の変化が激しいにかかわらず、水内ダム地点の降雨量を以て全流域の降雨量とした処に存在すると思われる。

即ち水内ダム地点の標高は430m、それに対して流域内には3,000m前後の地域まで存在し、従つて低地の降雨量と等しい降雨量が、高地にも降るとは限らず、其処に低地の降雨量に流域面積を掛ける事によつて全流域降水量とする事は危険である理由が存在する。

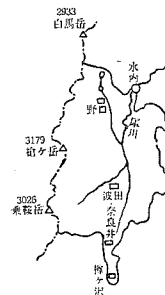
今具体的に流域内の数ヶ所を選んで(第22図参照)昭和25年、26年、27年の月及び年降雨量を見ると第37表の如し。即ち同じ流域内に於て水内では昭和25年には1,211.7mmの降雨に対し奈良井では2,197.4mm、昭和26年では、水内が806.2mmに対し奈良井では1,888.3mm、昭和27年では水内が1,282.9mmに対し奈良井では2,216.1mmと云う様に年に約1,000mmも奈良井の方が多量である。此の様に水源の地域に多量の雨が降れば、ダム地点の降雨量で算出した以上の流出が出て来て、流出率が高くなるのは当然である。

其処で此の流域は果たして如何なる降水量分布を示すかを見ると第23図の様な形になる。これは年降水量図である。此の図でも明らかな様に水内地点の降水量で全流域降水量を算出する事は危険である。

今第23図をグラフ用紙にあてて各降水量区間の占める面積を算出すると、第38表の③欄の如し。これは全面積に対する割合で示してある。従つて夫々の降雨量の占める面積の重みを考慮に入れた流域代表降雨量は

$$\text{流域代表降雨量} = \frac{\text{④欄の Total}}{\text{③欄の Total}} = 1,502\text{mm}$$

第22図 雨量観測地点例



である。

第37表 月及年降雨量

観測所	海拔	月												計	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
松本 波田	630	25年	—	79.6	28.1	64.9	117.9	354.0	80.9	106.7	91.7	162.8	55.4	59.0	
		26	14.9	26.8	122.2	206.6	70.3	186.7	304.0	—	108.2	69.5	144.0	59.5	
		27	62.9	47.8	182.8	185.4	93.1	128.7	122.3	10.0	182.4	—	62.2	21.4	
		平均	(38.5)	51.4	111.0	152.3	94.8	223.1	169.1	(58.4)	127.4	(116.2)	87.2	46.6	(1,276.0)
大町 野口	782	25	46.5	15.2	88.8	129.8	160.2	305.8	110.4	142.8	110.0	182.9	118.2	113.4	1,524.0
		26	99.0	50.7	86.6	189.1	53.7	167.8	244.5	64.2	65.7	82.6	143.9	47.6	1,295.4
		27	42.8	24.0	54.4	150.2	88.2	183.7	421.9	96.7	210.1	100.6	91.2	59.9	1,523.7
		平均	62.8	29.9	76.6	156.4	100.7	219.1	258.6	101.2	128.6	122.0	117.3	73.9	1,447.9
奈良井	939	25	86.8	151.9	154.5	156.6	201.7	629.7	122.5	156.4	182.9	192.7	86.8	74.9	2,197.4
		26	41.0	59.2	198.4	236.3	121.0	155.0	436.6	57.0	195.2	59.1	117.8	155.7	1,888.3
		27	148.4	123.5	183.5	202.0	128.9	349.3	381.9	53.9	382.6	115.1	96.3	50.7	2,216.1
		平均	92.1	111.5	278.8	198.3	150.5	544.7	319.7	89.1	253.6	122.3	118.9	93.8	2,373.3
奈良井 樽ヶ沢	1,250	25	—	—	—	—	—	120.8	169.4	145.4	139.5	38.6	17.0	—	
		26	0.4	2.7	18.5	281.5	68.6	173.4	316.3	114.9	124.8	83.4	147.6	170.7	1,502.8
		27	110.7	136.7	153.0	214.9	135.9	341.6	391.1	70.2	403.7	117.5	133.1	62.6	2,271.0
		平均	(55.6)	(69.7)	(85.8)	(248.2)	(102.3)	(257.5)	276.1	118.2	228.0	113.5	106.4	134.4	(1,795.7)

従つて此の流域の代表降雨量としては、水内地点の降雨量の $\frac{1502}{1029} \approx 1.5$ 約1.5倍の大きさの降雨量を使用しなければならぬ。

第23図 全年降水量図

前述の年流出率及び月別流出率に此の補正值を使用すると、

$$\text{補正流出率} = \text{前記算出流出率} \times \frac{1}{1.5}$$

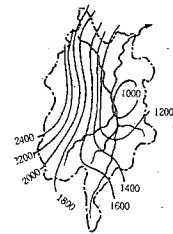
従つて補正6ヶ年平均年流出率=86.1%

第38表 流域代表降雨量

①	②	③	④
降雨量区間	中点	面積	②×③
mm mm	mm	%	
800~1,000	900	5	4,500
1,000~1,200	1,100	27	29,700
1,200~1,400	1,300	15	19,500
1,400~1,600	1,500	10	15,000
1,600~1,800	1,700	21	35,700
1,800~2,000	1,900	9	17,100
2,000~2,200	2,100	6	12,600
2,200~2,400	2,300	7	16,100
計		100	150,200

$$\text{流域代表降雨量} = \frac{\text{④の計}}{\text{③の計}} = 1,502\text{mm}$$

補正月別流出率は第39表に示す通りで此の流出率は大略真実に近



いと思われる。唯理想的に云うならば各月の降水図より各月の流域代表降水量を算出しそれから月別流出率を算出すれば最も良く、そうすれば12月の月別流出率が101.1%と云う大きな値を示す様な事は無いだろう。

これで明らかな様に犀川に於ては月別流出率は75~90%前後であるが、融雪期の3~5月の間は100%を超過する事が分る。

4) 出水時の流出

此の様な比較的大流域よりの出水時の流出状況は如何。それを見る為昭和22年~昭和28

第39表 補正月別流出率

1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
74.9%	78.0	102.4	108.0	118.2	65.8	90.2	63.6	61.4	88.4	81.8	101.1

年に至る6年間の夫々の年の最大出水のあつた日及び日流量,日降雨量を取ると第40表の如し。此れで見ると昭和24年及び23年は別として,全然その日は雨が降らないか,降つても2~3mm程度の僅かな降雨しか降らない日に最大出水が生じている。特に1,000m³/sec以上の出水が何れも降雨の無い日に生じている。其れはやはり流域が宏大である為当日の雨と云うよりも先日迄の雨が影響して出水となつていのである。洪水流出時間即ち最大降雨があつて後流出ピークになる迄に要する時間が相当ある事が分る。

今此の6ヶ年の中最大日流量のあつた昭和25年6月21日出水の日流量及び日降雨量変化を示すと第41表及び第24図の様である。此で見ると6月20日に最大降雨があつて,それに応じて6月21日に最大流量を示しその後は漸減している。第24図の---線の部分は基底流量を示す。其処で最大日降雨量の翌日に於ける流出率を算出すると $\frac{1,121 \times 86,400}{45.6 \times 2,590} \div 81.6\%$

第40表 年最大出水

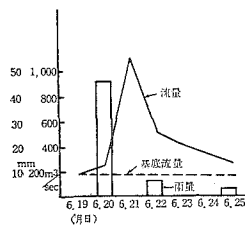
年 月 日	日流量 m ³ /sec	日降雨量 mm
昭和22年 5月 7日	321.2	0
昭和23年10月 4日	311.2	13.9
昭和24年 9月23日	924.2	100.9
昭和25年 6月21日	1,121.0	0
昭和26年 7月16日	793.9	2.9
昭和27年 7月 1日	847.9	2.7
昭和28年 7月24日	1,021.7	0

となる。この81.6%の流出の中には基底流量も含まれている。基底流量は此の45.6mmの降雨が無くとも当然流れるべき流量であるから,45.6mmの降雨が,降つた当日には何%流出するかを見るにはこの基底流量を差引いて計算しなければならぬ。降雨のあつた当日即ち6月20日の基底流量を180.6m³/secとせば,降雨によつて当日流出した水量は(256.6-180.6) m³/sec即ち76m³/sec, 従つて $\frac{76 \times 86,400}{45.6 \times 2,590} \div 5.5\%$ が45.6mmの降雨の中,当日流出した分である。所が全流域降水量は流域代表降水量として,45.6×1.5=63.4mmを取るのが適當故, 当日の全流域降水量の中から当日中に流出した分は $\frac{76 \times 86,400}{45.6 \times 1.5} = 5.5 \times \frac{1}{1.5} = 3.7\%$ である。同様にして降雨の翌日,降雨の中から流出した分は

第41表 25年6月21日出水

月 日	流 量 m ³ /sec	降雨量 mm
6月19日	189.5	
6. 20	256.6	45.6
6. 21	1,121.0	
6. 22	544.0	6.1
6. 23	436.9	0.1
6. 24	359.8	
6. 25	290.4	3.7

第24図 25年6月21日出水



$$\frac{(1,121-180) \times 86,400}{45.6 \times 2,590} = 68.6\%$$

但し此の場合も全流域降水量からの流出分は

$$68.6 \times \frac{1}{1.5} = 45.7\%$$

である。降雨の翌々日即ち降雨より3日目の流出分は、此処では6月22日であるが、他の降雨が加わつた為に稍々複雑となる。然し問題を簡単にする為6月22日に加わつた6.1mmの雨も前記45.6mmの雨と同様に、降つた当日は降つた雨の中5.5%が降出すると仮定する。勿論厳格な意味では、土地の乾湿状況、雨の持続時間、雨の強度によつて、日々の流出率の状況は雨夫々に依つて異なる。然し上記の様な仮定を設ける事によつて近似値が得られる。即ち3日目の流出分は $544 - 174 - \frac{6.1 \times 2,590,000 \times 0.055}{86,400} = 544 - 174 -$

$$10.4 = 26.5 \text{ m}^3/\text{sec} \quad \text{率にして} \quad \frac{359.6 \times 86400}{45.6 \times 2590,000} = 26.5\%$$

同様にして4日目は

$$(436.9 - 170.9 - \frac{6.1 \times 2,590 \times 686}{86,400} - \frac{0.1 \times 2590 \times 55}{86,400}) \times \frac{86,400}{45.6 \times 2,590,000} = 10.2\%$$

尙3日目、4日目の流出率を全流域降水量に対する率に補正すれば夫々 $26.5 \times \frac{1}{1.5} = 17.6\%$ $10.2 \times \frac{1}{1.5} = 6.9\%$ 従つて昭和25年6月出水の場合には6月20日に降つた降雨—水内地点に於て45.6mm、流域代表降雨量は63.4mm—は全流域降水量を降つた初日には3.7%、2日目には45.7%、3日目には17.6%、4日目には6.9%と云う風に流出し、2日目に1,121.0m³/secの日ピークを出現せしめた。

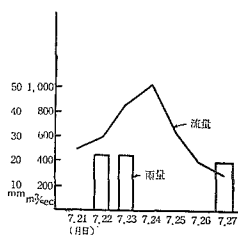
同様にして昭和28年7月24日出水の日変化を示すと第42表及び第25図の如し。此の場合は2日間の降雨が重なつて、7月24日に日流量1,021.7m³/secの出水を見ている。

第42表 28年7月24日出水

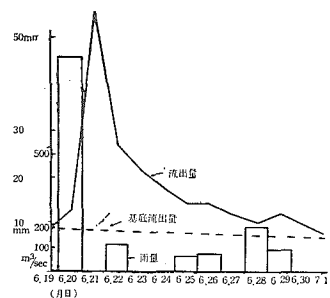
月日	流量 m ³ /sec	降雨量 mm
7月21日	488.7	
7. 22	598.5	21.7
7. 23	876.5	22.7
7. 24	1,021.7	
7. 25	631.7	
7. 26	382.3	

第25図

28年7月24日出水



第26図 25年6月出水



更に昭和25年6月出水の場合日流量が基底流量に落着くまでを図に画くと第26図の如し。即ち大体12日目に基底流量に落着いた訳だが、其の間時々降雨があり、従つて此の図よりユニットハイドログラフを画く事は困難である。一般に日本の河川に於ては独立した降雨が少く従つて降雨が重なり合つて流量に影響している故、一降雨を分離して流出状況を見、ユニットハイドログラフを画く事はなかなか容易でない。

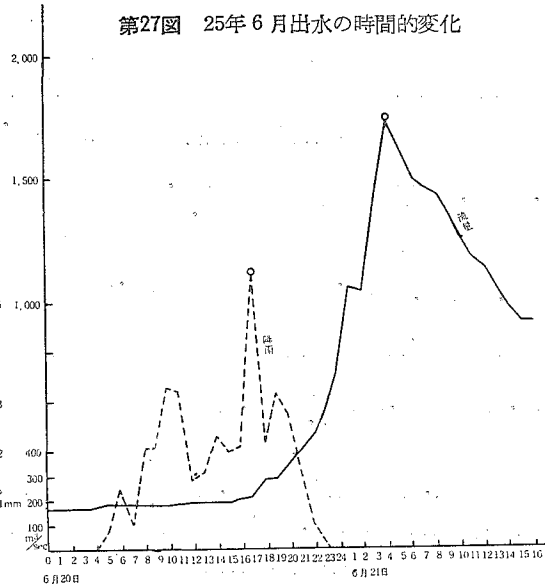
次に25年6月出水の時間的变化を画くと第27図の如し。即ち6月20日17時に最大降雨

があつたに対し、流量最大ピークは6月21日4時である。即ち洪水流出時間11時間を要している。之は先に述べた三浦流域に於ける様に洪水ピークが最大降雨時より1時間後乃至は同時に生ずるのとは趣が非常に異なる。又ピーク時流出も $\frac{1,740 \times 3,600}{5.5 \times 2,590,000} = 43.9\%$ (基底流量を含む) と云う様に低い値を示し三浦流域の如く100%近くになる事はない。之は大流域である為降雨がダム地点に流出して来る迄に相当時間を要し且つ、降雨の一部が流域内に保留されてそれが次第に流出して来る為にピーク時流出率も低くなる。

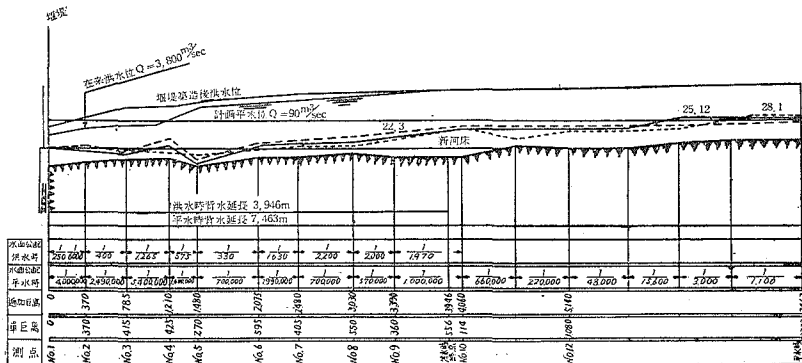
5) 土砂及び化学成分の流出

今迄は水の流出について述べて来たが、日本の様に傾斜地の多い処では特に土砂の流出が多く、従つて化学成分の流亡も非常に多い。水内ダム地点に於て犀川からの土砂の流出状況を算出して見た。即ち第20図の縦断面図は第28図の如し。そしてNo. 1~No. 16に至る各横断面図は第29図の如し(一例を示す)。これを見ても明らかな様に河床は堰堤築造以前に比較して、流亡土砂の為に上昇している。今各点に於ける累年の堆砂断面積をプラニメーターで算出すると第43表の如し。従つて累年の堆砂量を算出すると第44表の如し。即ち約11年間に2,311,906m³と云う莫大な土砂が堆積した事になり、土砂流亡の激しさを物語っている。

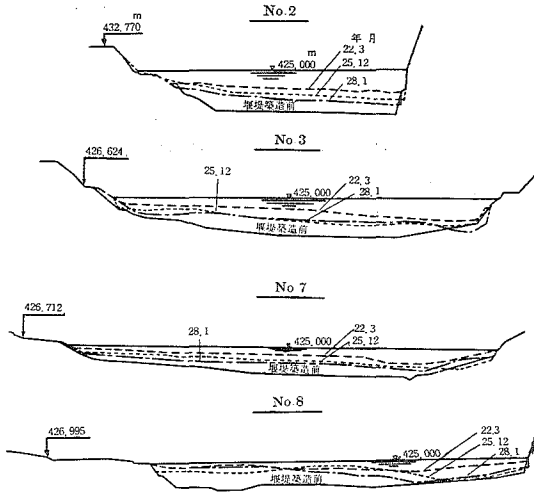
第27図 25年6月出水の時間的变化



第28図 縦断面図



第29図 堰堤上流河川横断面図



尚水内ダム地点の流亡水及び流亡土の化学分析結果は第45表及び第46表の如し。従つて毎年流出水の為に流域から失われる化学成分は第47表の如く莫大な量で又水内堰堤堆砂中の化学成分も第48表の如し。

即ち日常吾々の知らない間に土砂や化学成分は流出して行くのである。

6) 結論

以上犀川の流出について要約すると次の如し。

1) 水内地点に於て犀川の流出状況を見ると、流域が広大となる

第43表 水内堰堤に於ける累年の堆砂断面積

測点	流心距離 (m)	測定年月						
		21年2月	22年3月	23年12月	24年11月	25年12月	26年8月	28年1月
No 2	370	144.6	271.1	-) 75.4	-) 66.4	7.2	-) 72	7.2
No 3	415	340.2	125.8	80.6	-) 172.2	-) 29	39.4	-) 57.4
No 4	425	693.6	297.2	-) 181.6	-) 242.4	149.2	-) 69.8	-) 92.0
No 5	270	1	44.8	61	-) 76	-) 3.4	-) 24.4	-) 18.4
No 6	595	409	166	-) 126.6	-) 84.2	100.4	-) 84.4	-) 8
No 7	405	364	274.4	-) 121	-) 94.8	11	-) 1.8	-) 34
No 8	550	324.6	133.2	3.6	-) 49.6	-) 117	22.4	-) 16.2
No10	1,030	494.2	214.4	-6	31.6	51	-) 162.4	130
No12	1,080	181	40	27	29	22	-) 21	-) 11
No16	2,323	28	12	21	8	-	-	-

第44表 水内堰堤に於ける累年の堆砂量

測点	流心距離 (m)	測定年月							28年1月現在総堆砂量 (m³)
		21年2月	22年3月	23年12月	24年11月	25年12月	26年8月	28年1月	
No1	-	-	-	-	-	-	-	-	
No2	370	26,751	50,172	-) 14,134	-) 12,204	1,332	-) 13,320	1,332	
No3	415	100,591	116,170	1,079	-) 49,509	-) 4,523	-) 6,715	-) 10,416	
No4	425	219,682	89,887	-) 21,462	-) 88,102	25,330	-) 6,460	-) 26,747	
No5	270	93,771	46,170	16,281	-) 42,984	19,548	-) 12,717	-) 14,904	
No6	595	121,870	62,713	-) 16,541	-) 47,659	28,857	-) 32,368	-) 7,854	
No7	405	15,682	87,181	-) 50,139	-) 36,159	22,558	-) 17,405	-) 8,505	
No8	550	189,365	112,090	-) 32,010	-) 39,710	-) 2,915	5,665	-) 13,805	
No10	1,030	421,682	179,014	1,545	-) 18,540	-) 33,990	-) 72,100	58,607	
No12	1,080	364,608	137,376	11,340	32,724	39,420	-) 99,036	64,260	
No16	2,323	242,753	60,398	55,752	42,975	25,553	-) 24,391	-) 12,776	
堆砂量	m³	1,796,775	941,173	-) 48,289	-) 259,248	131,170	-) 278,847	29,192	2,311,906

第45表 流亡水の化学分析表 (1l中mg) (長野農試)

PH	NH ₃ -H	NO ₃ -N	蛋白態N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	KMnO ₄ 消費量	蒸発残渣
7.2	0.05	0.44	0.06	0.02	2.46	15.68	3.54	56.00

第46表 流亡土の化学分析表 (乾土100g中%) (長野農試)

水分	T. N.	P ₂ O ₅	K ₂ O
4.50%	0.09	0.12	0.22

第47表 水内堰堤に於ける化学成分
6ヶ年平均(昭和22~27年)年流出量中の
化学成分

項目	ton
NH - N	16,406.6
NO ₃ - N	144,378.8
蛋白態 - N	19,688.0
P ₂ O ₅	6,562.6
K ₂ O	787,520.8
CaO	5,145,113.5
KMnO ₄ 消費量	1,161,593.1

備考 6ヶ年間平均年流出量
3,281,336,640m³

為、三浦流域、黒部川流域の様に積雪期、融雪期、普通期の区別が明瞭でなく、唯3月～5月の間に幾分融雪期的流出現象を生ずる。

2) 流域が広大となる為、気象変化が特に激しく、従つて水内地点の様な低位部の降雨記録を使用する事は危険である。流域代表降雨量を算出するには、年降水量図、月別降水量図等、降水量図を使用すると良い。補正6ヶ年平均年流出率=86.1%、月別流出率は大体75~90%、融雪期の3~5月が100%を稍々超過する。

3) 出水時の流出状況は、流出時間が大流域である為相当時間要する。又昭和25年6月出水の場合は、全流域降水量が降雨のあつた初日には3.7%、2日目45.7%、3日目17.6%、4日間6.9%の割合で流出し、降雨ピークと出水ピークの間11時間の流出時間を要している。又ピーク時流出率は43.9%と云う低い値である。

4) 流域内からの土砂及び化学成分の流亡状況は激しく、11年間に水内地点に堆砂した土砂が2,311,906m³と云う数字を示している。

5) 発電堰堤を利用した流出機構の調査研究であるが、やはり所期の目的を挙げ得た。

第48表 28年1月現在堆砂量の化学成分

項目	ton
TN	2,122.3
P ₂ O ₅	2,829.7
K ₂ O	5,187.9

備考 土木学便覧329頁-24
「土砂の重量」を用う。

第5章 小試験区の流出

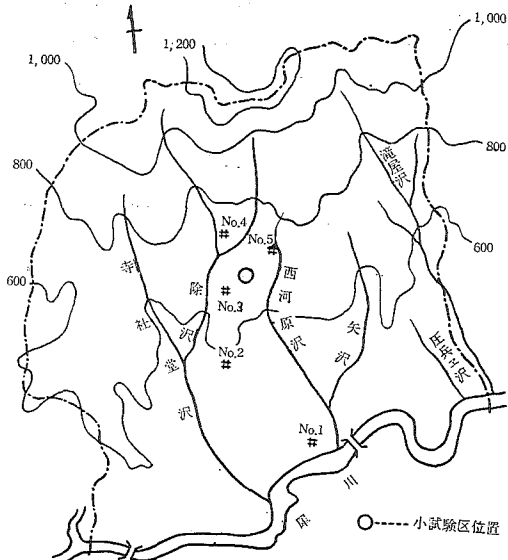
1) 調査地の状況及び調査の方法

小試験の設置箇所は水内ダムから北東約12kmの位置で、犀川に沿つた傾斜地である。

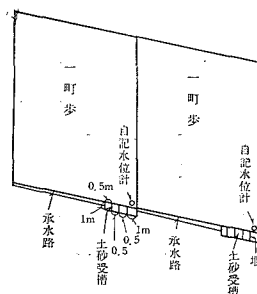
長野県上水内郡七二会村内にあり（第1図及び第30図参照）、左右対照に一町歩ずつ試験区を設け試験区の最低部に承水溝、土砂受槽、自記水位計を設置してある。（第31図参照）。此の土地の平均傾斜度は平均24°である。気象状況は大略水内地点に類似している。地質は大体第三紀層である。

調査の方法は、自記水位計により試験区内よりの水の流出状況を見、土砂受槽で土砂流出を算出し、且つ同時に水及び土砂の化学分析を行つて、試験区内よりの化学成分の流出状況も見た。更に此の地区内の土壌及び流出土壌の理化学性、地区内の地下水水位変化等を研究し、以て流出の機構を知らんとした。又クリリウム施用により、此の様な土壌侵蝕の激しい土地に対し、如何なる効果が挙がるかを考察した。

第30図 七二会村概況図



第31図 小試験区略図



2) 水の流出

第30図に示す様に七二会村では流出して来た水は小さな沢となつて犀川へ流入している。この沢の中寺社堂沢、除沢等は比較的大きな沢で灌漑水に利用されている。此の村での水田の灌漑水源別の割合を示すと、

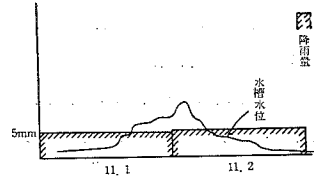
- 湧水灌漑区域.....50%
- 井水 " "35%
- 溜池 " "10%
- 人工 " " 5%

で如何に水の少ない為に悩んでいるかが分る。又此の様な傾斜地故水の流出の為の侵蝕即ち水蝕が激しく、面状侵蝕が主で、従来の試験結果では10分間強度1mm前後の降雨が15mm位継続した程度で起つている（註 長野農試報告、傾斜地利用並に土壌保全に関する研究より）。

小試験区よりの水の流出状況を、設置自記水位計と現地の降雨観測結果から一例を挙げて見ると第32図の如くなる。即ちこれは昭和28年11月1日2日両日の結果であるが、

降雨量は1日に4.7mm 2日に5mmあつたのに対し、水の流出の状況は水槽水位に示す様に、最初は水路を潤おす程度の流出があつたのが、急激に流出量が多くなり、24時間程度の後には再び水路内に少しづつ滲出して来る程度になつた。つまり降雨はそのほとんどが24時間内位に流出し、此の時に先に述べた面状侵蝕を生ずるのである。

第32図 小試験区よりの水の流出



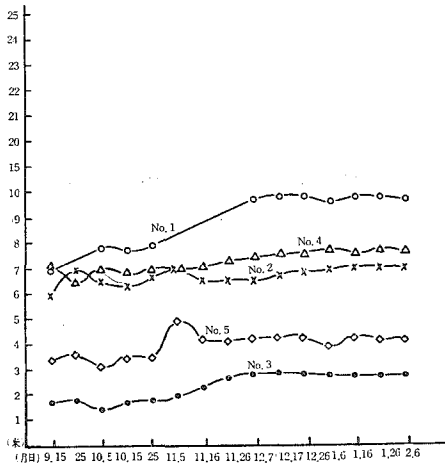
此の地表流出水の点を、土壤中への水の滲透速度より考えて見る。今此の試験地内各深さに於ける土壤の含水率と滲透係数とを示すと次の如し(第49表)。即ち表層土壤に於て含水率が5.5%——乾燥している状態——の状態にある時は水の滲透係数は0.00286 cm/secで相当早い速度で滲透して行くが、降雨が少しあつて含水率が28.9%——土壤が少し湿つた程度——に上昇しただけで、滲透係数は0.00051 cm/secとなり、水の滲透速度は先の状態より $\frac{0.00051}{0.00286} = \frac{1}{5.5}$ 程度に落ちる。更に土壤が潤つて来ると益々滲透速度は落ち、従つて降水は地中に滲透せずに表面を流去して行く。

次に地下水の状況を第30図に示す5ヶ所について調査した結果は第33図に示す通りである。即ちNo. 5, No. 3 の様な標高の高い地点に於て地下水層が地面近くに來ている事は横断面を考えて見ると第34図の様になつて見られ、高地に行くに従つて滞水層が地

第49表 含水率と滲透係数との関係

土壤深度cm	含水率%	滲透係数 cm/sec
0 ~10	5.5	0.00286
"	28.9	0.00051
25~50	4.6	0.00126
"	30.8	0.00028

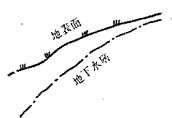
第33図 傾斜別地下水水位の変化



第50表 七二会村月別降雨量

9 月	10 月	11 月	12 月	1 月
mm 225.7	mm 47.3	mm 20.8	mm 49.3	mm 100.0

第34図 横断面



第33図

標高
No. 1 360m No. 2 450m
3 650m 4 800m
5 850m

備考 1, 2, 3は第3紀層、頁岩、砂岩系であり標高の上る程水位は高くなつてゐる。4, 5は洪積層被覆してゐる。

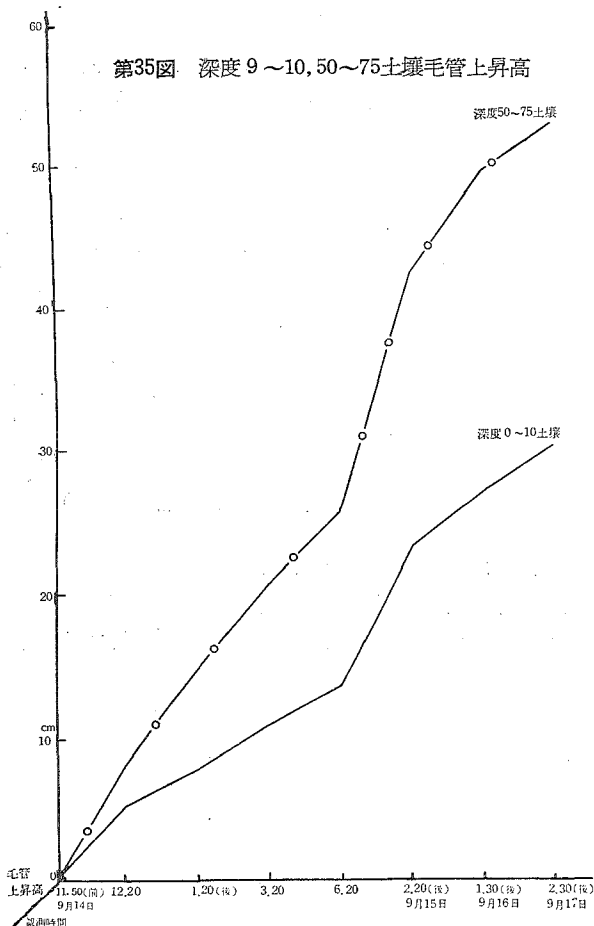
何れも11月に入ると水位は低くなつてゐる以後平行状態を保つてゐるようである。

表近くになり、標高650mのNo 3の井戸に於ては10月5日には地下水面が地下1.4mの点に来ている。此の事はスリップエロジョン等について注意すべき点と考えられる。又昭和28年9月～昭和29年1月迄の月別降雨量を見ると第50表の如し（第50表参照）。之と第33図を照らし合せて見ると、9月は降雨量が多かつた為10月初旬には地下水面は地表近く上昇しているがその後は降雨量少い為水面は下降している。尙1月は100mmの降雨降雪があつたが、此等は積雪となつているか又土壤が凍結している為地下水に顕著な影響を与えていない。

尙表層土及び深度50～75cm土壤の毛管上昇高を示すと第35図の様になる。即ち下層土の方が毛管上昇速度早く且つ上昇高が大である。即ち地下水を早く且つ高い位置にまで上げ得る。

3) 土砂及び化学成分の流出

此の試験地区内の土壤の理学的性質は次の如し。即ち真比重，仮比重，空隙率，機械分析結果は第51表の様であり，含水率，含水量，流出限界は第52表に示す通りである。之で見ると含水率が50%前後になると少しの衝撃で土壤が流出して行く事が分る。即ち



降雨の為面状侵蝕を受ける事は先に述べた通りである。

次に土砂受槽中に流出して来た土砂を機械分析して見ると第53表の様である。即ち地区内土壤に比較して、微砂，粘土の量が著しく減じ，それに対して細砂の割合が増大している。此の事は微砂，粘土は流出水と共に流亡してつた為に生じた現象と思われる。

次に流亡土量であるが，之は土砂受槽中に堆積した土量で表わすと，第54表の様になる。即ち9月の方が10月よりも2倍以上も流出土砂量が多いが，之は降雨量が9月の方が非常に多かつた為と思われる。

又此の流亡土壤中の化学成分は第55表に示す通りで貴重な養分の失われて行くのが分る。

第51表 土 壤 の 理 学 性 (1)

深 度	真比重	仮比重	空隙率	機 械 分 析 結 果					土 性 名
				礫	粗砂	細砂	微砂	粘土	
0~10 cm	2.8	0.94	66.42	0.9	2.3	11.6	38.0	47.2	細埴壤土
10~25	2.7	0.96	64.59	0.6	0.1	11.0	39.0	49.3	細埴壤土
25~50	2.8	1.00	62.96	0.5	2.4	24.1	59.2	13.8	細砂壤土
50~75	2.7	0.96	63.46	0.2	2.0	12.8	48.3	36.7	細 壤 土

第52表 土 壤 の 理 学 性 (2)

深 度	含水率	最大含水量	流出限界
0~10	6.4	50.7	43.8
10~25	5.6	58.1	54.6
25~50	5.3	69.8	67.5
50~75	14.92	58.9	54.7

第53表 土砂受槽中の土砂の機械分析結果

土砂受槽	礫	粗砂	細砂	微砂	粘土
槽					
A	1	5.0	56.8	13.1	24.1
B	0.5	11.0	50.1	22.8	15.6
C	0.3	5.3	54.8	12.9	26.7
D	1.0	2.6	60.6	12.0	23.8

尙此の土壤侵蝕を防止し且つ収量を挙げる為に行つたクリリウム施用試験結果を示すと第56表及び第36図となり、明らかにクリリウム施用の効果が挙つている（長野農試に於ける実験）。

第54表 流出土砂量

項目	雨量	10分間 最高強度	傾斜	土砂受槽堆積土砂深度			
				A	B	C	D
月	mm	mm		cm	cm	cm	cm
9月	225.7	5.0	24	25	40	40	25
10月	47.3	2.0	"	15	7	5	3

第55表 流亡土壌の化学分析成績
(長野農試)(乾土100g当%)

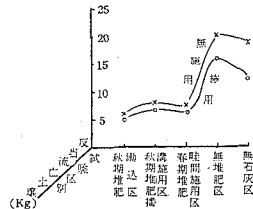
項目	水分	TN	P ₂ O ₅	K ₂ O
タンク 位置				
1	2.71	0.10	0.10	0.18
2	4.81	0.09	0.09	0.17
3	2.08	0.10	0.11	0.18
4	2.85	0.10	0.10	0.18

(P₂O₅, K₂Oは熱塩酸可溶)

第56表 夏作大豆収量調査成績

項 目	地区 番号	反 当 (貫, 石)				一升 重量	層重	反 当		
		総重量	稈重量	子実重量	同右 容量			子実重量 100 分比	容 量 100 分比	
ク無	秋期堆肥鉄込施用区	1	109.2	49.8	51.1	1.560	328	5.5	92.6	93
リ施	" 播薄施用区	2	111.0	47.4	55.2	1.677	329	6.0	100	100
リ用	春期堆肥畦間施用区	3	115.8	49.2	60.0	1.863	322	3.9	108.7	111
ウ無	堆 肥 区	4	87.0	33.6	43.2	1.297	333	3.6	78.3	77
ム無	石 灰 区	5	101.4	39.6	54.6	1.649	331	3.6	98.9	98
ク施	秋期堆肥鉄込施用区	6	138.0	52.6	75.6	2.277	332	5.4	137.0	136
リ用	" 播薄施用区	7	150.6	57.6	85.2	2.646	322	5.1	154.3	158
リ用	春期堆肥畦間施用区	8	152.4	58.8	85.1	2.602	327	5.8	154.2	155
ウ無	堆 肥 区	9	158.4	64.2	86.7	2.659	326	5.7	157.1	159
ム無	石 灰 区	10	129.0	52.8	68.7	2.056	334	5.4	124.5	123

第36図 クリリウム施用と
土壌流亡の関係
(長野農試昭和28年夏作大豆)



4) 結論

以上小試験区に於ける流出機構の結果を要約すると

1) 此の試験地の様に急傾斜の土地に於ては水の流出は、降雨と同時に急激に行われ短時間内に降雨が流出してろう。又土壌が水で湿つて来ると共に、滲透速度が落ち、従つて水の表面流出が盛となり、面状侵蝕を生ずる原因となる。又地下水は降雨量に平行的に涵養されるが此の地区の様に標高の高い程地下水位が地面に近附いて

来る地点は土壌侵蝕の点で注意しなければならぬ。

2) 土壌中の微砂、粘土は流出水と共に多量に流亡して行く、又流亡土量は降雨と共に比例的に増大し、且つ化学成分も流亡してろう。尙クリリウム施用は土壌侵蝕防止及び収量増大の点で効果がある。

第6章 結 語

本研究は水の流出を中心として、土砂流出、化学成分の流出の機構を知る事が目的であるが、又一方此等流出の研究手法の簡便化と正確化の為に主に発電堰堤を利用して研究した結果、発電堰堤はダム式、水路式を問わず何れも発電の必要上から流量記録、気象記録が良く整つており、流出の研究に此等発電堰堤を利用する事は費用の点から云つても良いと云う結論に到達した。

尙本研究によつて得た結果を総括すると、

1) 木曾川水系三浦堰堤(流域面積 59km^2)、黒部川水系平の小屋測水所(流域面積 149km^2)、鐘釣測水所(流域面積 420km^2)、宇奈月測水所(流域面積 613km^2)、犀川水系水内堰堤(流域面積 $2,590\text{km}^2$)に於て、 $50\text{km}^2 \sim 2,600\text{km}^2$ 間の流域よりの流出の状況を調査した結果、流域面積が広くなればなる程、流域内の高度変化が激しくなればなる程、流域内の小流域の方位が異なれば異なる程、流域内の気象状況は一様でなく、変化が激しくなる。従つて犀川水系水内堰堤に於ける様に流域が広くなれば流域内の降水図を画き、それより流域内の代表降雨量(=平均降雨量)或は全流域降水量を求めれば良い。又流域内の降水量変化が主として高度によるものであれば、降雨と高度との関係を求めれば、流域代表降雨量或は全流域降水量は算出出来る。尙木曾川水系三浦堰堤の場合は、伊那谷を類似流域として算出する事は適当と思われるが、黒部川水系の場合は、伊那谷とは種々の因子が異なる故、黒部川水系自身或は黒部川とより類似した流域の流域気象状況を研究しそれを利用する事が望ましい。又方位による気象変化の例としては、黒部川の右岸流域と左岸流域で左岸流域の方が約60%も年平均流量が高い。此れは季節風等の為と思われる。

2) 平均年流出率を夫々の流域の最低位部の降雨量を流域代表降雨量として算出すると、木曾川水系102.1%、黒部川水系3測水所は109.7%、113.3%、122.4%。犀川水系125.8%となる。そして夫々の補正値を1.2, 1.5, 1.7, 1.8, 1.5とせば、補正年流出率は夫々85%、73%、67%、68%、86%となる。月別流出率についても同様の補正をしなけ

ればならぬ。尙木曾川水系、黒部川水系、犀川水系も融雪期の月別流出率は100%を超過するが、黒部川水系は特に積雪期、融雪期、普通期によつて月別流出率の変化が激しく、融雪期の月の中には積雪期の月の10倍の流出率を示す月もある。

尙100km²当りの流出量は同一条件下の流域では流域面積が増大すれば年最大流量は減少し且つ濁水流量は増す傾向がある。即ち水源涵養能力の増加をもたらす。

又流量表中の日流量がm³/secで表わされている場合は年流出率、月別流出率の算出には

$$k = \frac{60 \times 60 \times 24}{A} \quad (A \text{は流域面積}) \text{の係数を用いると便利である。}$$

- 3) 日降雨強度と日流出率との関係は三浦堰堤地点の様な場合には、

$$\text{積雪期に於て } y = -\frac{a}{x} + b$$

$$\text{融雪期、普通期に於ては } y = \frac{a}{x} + be^{cx} + d$$

と予想される。

4) 出水時の流出については、流域面積が小となればなる程降雨ピークと流出ピークとが近づく。即ち三浦地点の場合にはピークは同時に生ずるか又は1時間位流出ピークが遅れるが、水内堰堤では11時間位遅れる。

尙ピーク時流出率と一降雨流出率との両方より検討を加える必要がある。

又融雪期に於ては特に流出率の大なる出水が生ずる。

5) 日流出量の分布状況を推計学的に見るならば出水時日流出量を除けば、大体 poisson 分布又は対数正規型分布をなしている。但し出水時日流出量については別に処理しなければならない。

6) 水の流出以外に流域よりの土砂並に化学成分の流出が激しく行われる処がある。水内ダム地点では11年間に2,311,906m³の土砂が堆積した。

7) 小試験区での流出機構研究の結果、降雨の為に土壌が湿つて来ると、水の地中への滲透速度が著しく落ち、その為降雨は表面流出し、同時に傾斜地に於ては面状侵蝕を生ずる。又土壌中の微砂、粘土分が流出水と共に流亡し易い。

大体以上の如きものである。

尙本研究について種々御指導を戴いた東大、秋葉満寿次教授、新沢嘉芽統講師に深甚の感謝を表する次第です。又此の研究に御協力、御援助を戴いた、総理府資源調査会、長野県試験場、現地の方方、並びに信大農業工学研究室の皆様は厚く御礼申し上げます。

文 献

- | | | |
|------------------------------------------------------------------------|--------|------|
| 1) 清水, “流出率について” | 資源調査会 | 1952 |
| 2) S. S. Wilks, “初等統計解析” | | |
| 3) 増山, “推計学への道” | 東大協組出版 | 1950 |
| 4) 北川, 増山, “統計数値表” | 河出書房 | 1952 |
| 5) Reclamation Manual “Water Studies” U. S. Department of the Interior | | 1949 |
| 6) Creager他, “Engineering for Dams” | | 1944 |

7) “土地改良”	土木雑誌社	
8) “農業土木研究”	農業土木学会	
9) “長野県気象年報”	長野測候所	
10) “長野県気象累年報”	“ ”	
11) “長野営林局管内気象観測統計書”	長野営林局	
12) 清水, “土壌侵蝕”	農業昭和 昭28年7月号24頁	1953
13) “傾斜地利用並に土壌保全に関する研究”	長野農試	1952
14) “各国の土壌保全について”	林野庁	1948
15) “傾斜地利用と土壌保全に関する研究”	資源協会	1952
16) “北海道に於ける土壌侵蝕の実態とその対策”	北海道開発庁	1952
17) “農業時報”	2月号 長野農試	1954

Summary

STUDY ON THE RUN OFF

Kunio SHIMIZU*

(Institute of Agricultural Engineering, Faculty of Agriculture)

1) To make use of electric dam, to study on the run off, is more convenient, correct and uncost method than other methods. Because at electric dam we can easily get datas of long period of discharge and precipitation, if that dam was built long ago.

2) If the area is broad and have high mountains, that area have variable precipitations at the same time in oneself. So we must correct the precipitations to the mean precipitation of the area. At Miura dam of the Kiso river I use 1.2 to correct the precipitation at that dam to the mean precipitation of the area. At 3 gages of the Krobe river and at Minochi dam of the Sai river I use 1.5, 1.7, 1.8 and 1.5.

3) At Miura dam year rate of run off is 85%, at 3 gage of the Krobe are 73%, 67% and 68%, and at Minochi dam is 86%.

Monthly rate of run off in snow melt season is higher than monthly rates in other season. At these rivers monthly rate in snow melt season is higher than 100%.

Especially at Krobe river the monthly rate in snow melt season is as ten times large as the monthly rate in snow season.

In discharge of 100 km area, the highest discharge is smaller at the same condition, if total area is larger, and dry discharge is higher. Because in broad

* Assistant Professor of Shinshu University.

area a part of precipitation makes source of water.

If in discharge data daily discharge unit uses unit of m^3/sec , we are convenient to use $K = \frac{60 \times 60 \times 24}{A}$ ($A = \text{area } m^2$)

4) The relation of daily intensity of precipitation to daily rate of run off is, at Miura dam, ($x = \text{daily intensity of precipitation}$ $y = \text{daily rate of run off}$)

$$\text{in snow season } y = \frac{a}{x} + b$$

in snow melt season and normal season

$$y = \frac{a}{x} + be^{cx} + d. \quad (a. b. c. d. e = \text{constant})$$

5) In flood time, if area is larger, hours between peak of precipitation and peak of flood is longer.

Example, the hours between peak of precipitation and peak of flood at Miura is 0~1 hours but the hours at Minochi is 11 hours.

In snow melt season, flood of larger rate of run off causes some times.

6) Statistic distribution of daily discharge (except flood daily discharge) is poisson distribution or logarithmic normal distribution.

7) At some area we experience large erosion of earth, and chemical materials with run off of water. Example, at Minochi dam earth of $2,311,906m^3$ was accumulated for 11 years.

8) I get next determination by study in small test area.

a) The earth wets more, so water speed of infiltration to earth becomes slower, and large part of precipitation becomes surface run off, so some time on the slope area surface erosion causes.

b) Clay and silt are easy to run off with the run off of water.