



Title	5. 然別湖流域の水文学的研究
Author(s)	孫野, 長治; MAGONO, Choji; 織笠, 桂太郎 他
Citation	北海道大学地球物理学研究報告, 5, 45-65
Issue Date	1957-10-25
DOI	https://doi.org/10.14943/gbhu.5.45
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/13809
Type	departmental bulletin paper
File Information	5_p45-65.pdf



5. 然別湖流域の水文学的研究

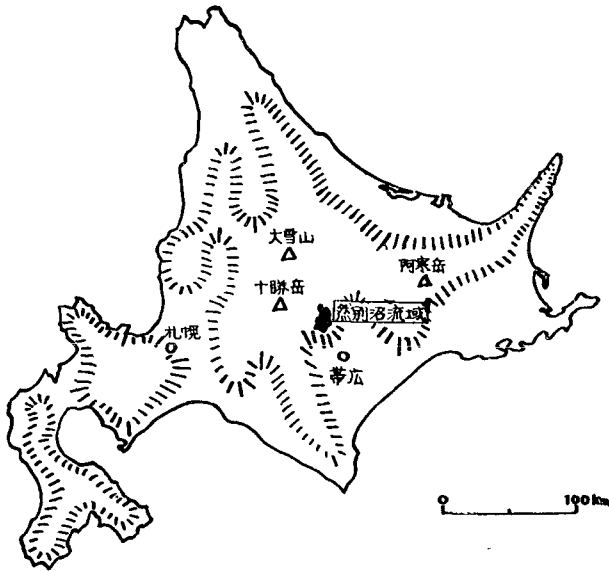
孫野長治・織笠桂太郎

(北海道大学理学部地球物理学教室)

— 昭和32年7月受理 —

I. 序 言

然別湖流域は第1図に示す如く北海道十勝平野の北辺に位し、面積は、 48.4 km^2 に過ぎないが、この中の湖水はダムとして使用されているので流出量は常時測られて、水文学的研究には絶好の条件を供えている。ただこの流域の融雪期の流出率が43~47%¹⁾と非常に小さく見積られているので、1955年9月に物理学教室から調査を引継いで以来、特にこの点に着目して調査を継続した。降水量の観測点の密度や巡視回数が多いのでこの種の調査としては精度が高く水文学的研究の一種の雛型である。

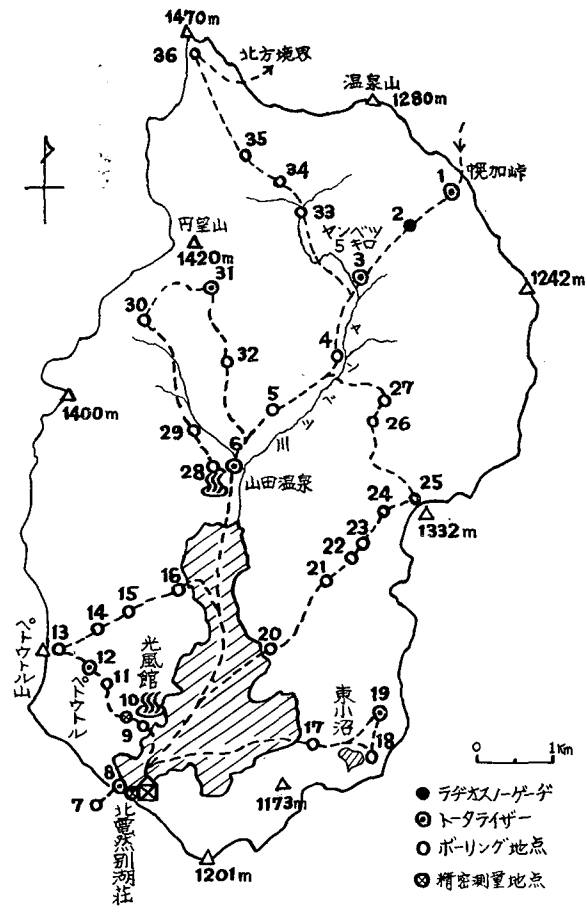


第1図 流域(黒色部)略図

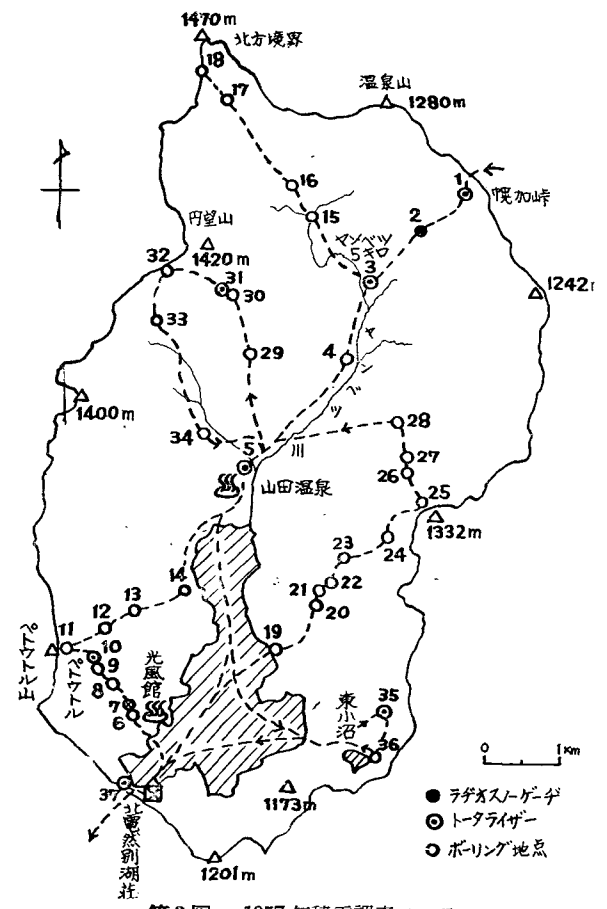
II. 開地の積雪水量

Snow sampler は従前の内径 45 mm のものを用いた。秤量も従前の感量 10 gr のダイヤルゲージを踏用した。2ヶ班で調査した時は台秤(感量 10 gr)を用いたが、Sampler の雪をビニールの袋に入れて測れば精度は充分であつた。この際、sampler の内面にパラフィンを塗布し

1) 東 晃・樋口敬二・板垣和彦; 然別湖流域の積雪量調査, 北大地球物理報告, 4 (1956) 65.



第2図 1956年積雪調査コース



第3図 1957年積雪調査コース

ておけば、ダイヤルゲージに劣らず測定速度を上げることが出来た。

1) 測定コース

測定コースは第2図(1956年), 第3図(1957年)に示す如く, 従来空所とされていた西北地域に円望山コースを増設した。例年と比較のため測点も出来るだけ前年の開地をえらび, 同時に附近の林内積雪水量(後述)も測つた。○印はボーリング地点, ⊙印はトータライザー設置地点, ⊗印は林内積雪水量精密測点, ●印はラヂオスノーゲージ設置地点の測点を示す。附記の数字は測点番号である。

2) 測定結果

1956年3月23日現在及び1957年3月31日現在の流域の積雪水量の測定結果を第2, 第3表に示す。なお比較のために物理教室測定の結果の1955年3月28日現在の結果を第1表に併記する。

第1表 積雪水量(1955年3月28日現在)

測点番号	測定地点名	測定コース	海拔高度 (m)	積雪深 (cm)	積雪水量 (cm)	測月 測日	備考
1	トーマベツ河口附近	南	820	87	26	III-23	林中大開地
2	光風館裏沢上		940	105	32	"	疎林中
3	" 尾根		1,160	185	37	III-24	密林中の疎なる所
4	ベトートル山頂下		1,340	140	42	"	疎林中
5	ベトートル東尾根中段		1,160	148	41	"	密林中の疎なる所
6	"		1,000	180	37	"	"
7	湖岸段丘上	北	820	125	34	"	疎林中開地
8	ヤンベツ川2.5キロ		810	122	31	III-25	疎林中
9	" 4キロ橋のそば		820	116	31	"	疎林中小開地
10	" 5キロ		840	119	32	III-27	川原開地
11	ホロカ峠尾根中段		980	144	39	III-28	密林中小開地
12	ホロカ峠		1,110	155	45	"	小開地
13	ヤンベツ川二股川原	部	880	156	39	III-27	河岸密林中
14	1470への尾根中段		1,140	160	43	"	密林中
15	" 沢頭		1,220	155	44	"	大開地
16	" コブ上		1,380	190	56	"	開地
17	1332北尾根中段		1,060	155	40	III-25	密林中
18	" 頂上下平地		1,310	160	47	"	小開地
19	" 南西尾根	南	1,200	146	41	"	大開地
20	"		960	137	36	"	密林中
21	然別沼東岸		810	115	31	"	沢出口開地
22	東小沼東コブ上		1,000	81	24	III-24	疎林中開地
23	" 南開地		810	78	24	"	開地
24	円望山南尾根		1,000	150	39	III-26	密林中小開地
25	" コブ	北	1,300	199	58	"	開地
26	" 西尾根		1,200	155	44	"	大開地下端
27	"		1,000	150	36	"	密林中
28	十五の沢		840	137	37	"	疎林中小開地

第2表 開地の積雪水量(1956年3月23日現在)

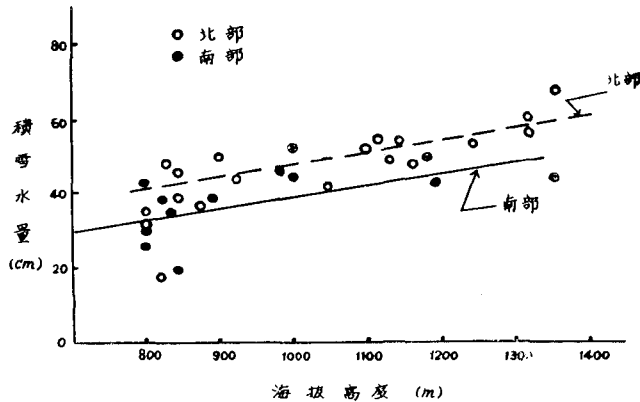
測点番号	測定地点名	測定コース	海拔高度 (m)	積雪深 (cm)	積雪水量 (cm)	1955年との比 (水量) (%)	測定月日	備考
1	ホロカ峠	ヤンベツ川(北)	1,110	186	54	120	III-19	融水が混じる
2	ラヂオスノーゲージ		980	156	46	120	"	
3	ヤンベツ5キロ		870	177	39	120	"	
4	" 4キロ		840	167	17	—	"	
5	" 3キロ		830	151	47	150	III-21	
6	山田温泉		820	139	35	—	III-22	
7	トーマベツ河口		820	116	31	120	III-20	
8	湖荘前		800	97	24	—	"	
9	光風館裏		850	131	42	130	"	
10		ペトール(南)	890	116	38	—	"	やせ尾根吹きさらし
11			1,120	66	18	—	"	
12	トータライザー		1,180	132	50	130	"	
13	ペトール山頂		1,350	156	43	100	"	
14			1,190	155	44	110	"	
15			1,000	154	46	120	"	
16		東小沼(南)	820	129	38	110	"	
17	東小沼入口		830	134	35	—	"	
18	東小沼東畔		840	91	18	70	"	
19	トータライザー		1,000	151	43	180	"	
20	湖	千三百高地(北)	800	114	33	110	III-21	密林中急斜面 尾根上 (ブツシユ原)
21			920	133	44	120	"	
22			1,140	164	49	—	"	
23			1,160	166	50	—	"	
24			1,240	173	54	130	"	
25	頂上		1,310	186	61	130	"	
26			1,100	173	52	130	"	
27		1,010	159	44	—	"		
28	山田温泉裏	円望山(北)	820	130	27	—	"	
29	十五の沢		850	177	48	130	"	
30	西尾根		1,020	201	41	110	"	
31	トータライザー		1,310	217	57	100	"	
32	南尾根	北方境界(北)	1,130	177	48	120	"	
33	二股小開地		900	181	50	130	III-23	
34			1,000	203	52	—	"	
35			1,140	186	54	130	"	
36	頂上		1,350	230	69	120	"	

第3表 開地の積雪水量(1957年3月31日現在)

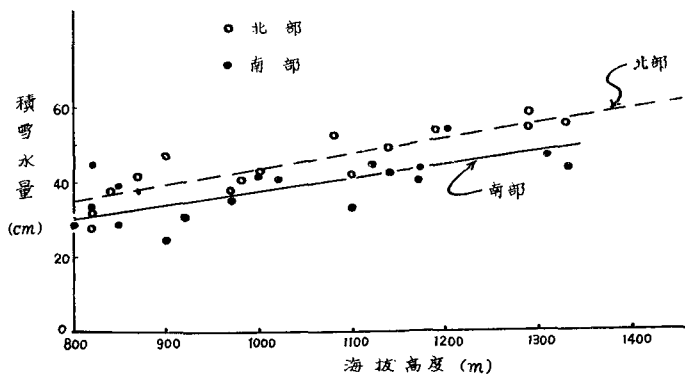
測点 番号	測定地点名	測定 コース	海 高 度 (m)	積雪深 (cm)	積水 雪量 (cm)	1956年 との比 (水量) (%)	測定 月日	備 考
1	ホロカ峠	ヤン (北 ベツ 川部)	1,110	159	41	80	III-26	
2	ラヂオスノーゲージ		980	140	40	90	"	
3	ヤンベツ5キロ		870	148	41	110	"	
4	" 4キロ		840	138	37	220	"	
5	山田温泉		820	115	27	80	"	
37	湖荘前	ペ (南 ト ト部)	810	136	44	180	III-31	
6	光風館裏		850	138	39	90	III-27	
7			900	122	24	—	"	
8			970	132	35	—	"	
9			1,100	135	32	—	"	
10	トータライザー地点		1,160	163	40	80	"	
11	ペトートル山頂下		1,340	159	44	100	"	
12	東北東向尾根上		1,160	165	44	100	"	
13	"		1,020	147	40	90	"	
14	"		820	129	32	80	"	
36	東小沼東畔	東 (南 小 沼部)	840	57	12	70	III-30	
35	トータライザー地点		1,000	134	41	100	"	
19	湖畔		800	116	25	80	III-29	
20	沢中	千 (北 三 百 高 地部)	850	117	28	—	"	小開地
21	南斜面		920	117	30	70	"	中開地
22	"		990	—	—	—	"	
23	"		1,100	—	—	—	"	
24			1,140	151	42	90	"	大開地
25	頂上		1,310	162	47	80	"	
26			1,220	140	41	—	"	測深データ
27			1,200	180	54	—	"	
28			1,120	210	44	90	"	
29	南尾根		1,000	150	42	100	III-30	
30	トータライザー地点	円 (北 望 山部)	1,290	194	58	—	"	
31	頂上下・大開地		1,300	183	54	100	"	
32	西尾根大開地		1,190	169	53	—	"	
33	十五の沢		970	142	37	—	"	沢中小開地
34	"		820	123	31	70	"	
15		境 (北 界 北 部方)	900	150	47	90	III-28	沢中二股小開地
16			1,080	203	52	100	"	
17			1,140	164	48	90	"	沢づまり大開地
18	頂上下尾上鞍部		1,330	192	55	80	"	

第2表の第7列に積雪水量の前年との比を示してある。測点番号18東小沼以外は2~3割増加しているが、測点番号18, 5及び19の如く反つて減小したり、極端に増加したりしているのは、ボーリング地点のずれに起因するものであろう。このことは第3表の1957年の場合も同様で、全般的に1956年よりも1~2割減少しているのに測点番号4及び37では2倍近くになつている。試みに積雪深から比重を計算してみると何処も0.25~0.30となつて大きな差の認められないことを考慮すれば、測点位置のずれによるものであろう。こういうように測点位置の撰択による誤差が毎年2, 3ヶ所あらわれるが、全体に及ぼす影響は大きなものではない。

第2表を縦軸に積雪水量、横軸に海拔高度をとつて、流域を南北両地域に別けて整理すると第4図のようになる。例年北部が南部に比べて積雪水量が多いからである。図と第2表からわかるように然別湖莊, 山田温泉を除けば、積雪水量は高度に関し南北部とも直線的に増大している。前記2点は1954, 5年にも極端に少なかったことから考えて、特別な地勢特に地温の影響と思われるので別扱とし地温の節で後述する。1957年は第5図に示す。



第4図 積雪水量高度分布(開地)1956年



第5図 積雪水量高度分布(開地)1957年

3) 開地の総積雪水量

積雪水量と海拔高度は直線関係にあるから、任意の高度の積雪水量 m は次の式で表わされる。

$$m = a + bh$$

a, b は直線に関する常数で h は高度を示す。したがって全部を開地とみなした場合の流域内の総積雪水量 M は

$$\begin{aligned} M &= \int (a + bh) S_h dh = a \int S_h dh + b \int h S_h dh \\ &= aS + b \int h S_h dh \end{aligned} \tag{2}$$

で表わされる。 S_h は高度 h 地帯の面積、 S は流域の総面積を表わす。いま面積平均高度を \bar{h} とすれば

$$S\bar{h} \equiv \int h S_h dh \tag{3}$$

であるから総積雪水量は

$$\begin{aligned} M &= aS + bS\bar{h} = (a + b\bar{h})S \\ &= \bar{m}S \end{aligned} \tag{4}$$

となる。 \bar{m} は面積平均高度 \bar{h} における積雪水量を示す。したがって積雪水量と高度との関係が直線的とみなせる限りにおいては、面積平均高度さえ求めればよい。陸地測量部5万分の1の地図から計算した南北両地域の面積及び面積平均高度は次表の如くである。

第4表 面積平均高度

	高度別 (m)	高度別面積 (km ²)	面積平均高度 (m)	面積 (km ²)
南 部	800~ 900	4.0	} 950	9.0
	900~1,100	4.2		
	1,100~1,200	0.8		
北 部	800~ 900	8.8	} 1,020	35.8
	900~1,100	16.9		
	1,100~1,300	9.0		
	1,300~	1.1		
全 流 域			1,010	44.8

備 考 湖面積3.6 km² は除く

第4, 第5図から南北両流域の面積平均高度における積雪水量を求め、夫々に面積を乗じて得た総積雪水量を次表に示す。

第5表 開地総積雪水量

	1956年		1957年	
	面積平均高度 の積雪水量 (cm)	南北別総 積雪水量 (m ³)	面積平均高度 の積雪水量 (cm)	南北別総 積雪水量 (m ³)
南部	37	3.3×10 ⁶	36	3.2×10 ⁶
北部	49	17.5	44	15.7
全流域		20.8×10 ⁶		18.9×10 ⁶

上表に得られた総面積水量を1954年の $21.5 \times 10^6 \text{ m}^3$ 、1955年の $16.8 \times 10^6 \text{ m}^3$ と比較してみると年により1~2割の偏差のあることがわかる。もちろんこれらの値は全流域を森林のない開地とみた場合の3月末の積雪水量で森林の考慮は次の節で述べる。

III. 林内積雪水量

本流域は図版1、写真1でみられるようにほとんど森林で掩われている。大部分が針葉樹でこの間に闊葉樹が点在するといった林相である。従来³⁾は森林間に点在する開地の積雪水量を測り、この値に適当な森林補正係数を乗じて流域内の総積雪水量を算出する方法をとった。しかし森林面積が流域の大部分を占める場合には補正係数の選びかた次第で、総積雪水量が左右されてしまうことになる。したがって補正係数の決定が、開地のボーリングに劣らず重要なことである。

1) 林内積雪量の高度分布

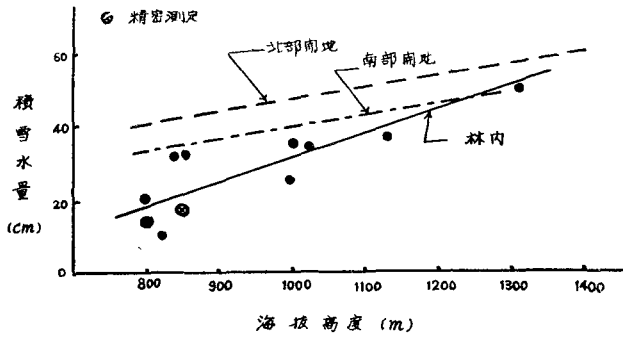
われわれは森林補正係数を再検討する目的をもって1956年には開地のボーリングの他にその都度附近の林内の積雪水量の測定をも併せおこなった。林内は場所による偏差が大きいと考えられたので林辺、樹冠下及び樹間の3点を選んでボーリングを行い平均値をその地点の積雪水量とした。結果を第6表に示す。また開地の積雪水量の高度分布と比較したのが第6図である。図中の⊗印は林内の柵目型の精密測定値(後述)を示す。図からわかるように林内のこととてばらつきは大きい。800 m 附近の低地では林内積雪水量は開地の半ばにも満たないが高度の高まるにしたがい差が少なくなる。これは低地は針葉樹の密林が多く高地では闊葉樹の疎林が多いからである。特に1,300 m 以上の頂上附近は例えば写真2でもわかるように樹がみられない。

1956年は測点が少ないので補正係数の決定には至らなかつたが、従来の補正係数85%は明らかに大きすぎることがわかつた。同様の測定を1957年も続行した。結果を第7表及び第7図に示す。この場合も前年と同様に低地では開地との差が大きいが高くなるほど差のせばまる傾向がみられる。また高度分布は開地に劣らず規則的なことがわかる。

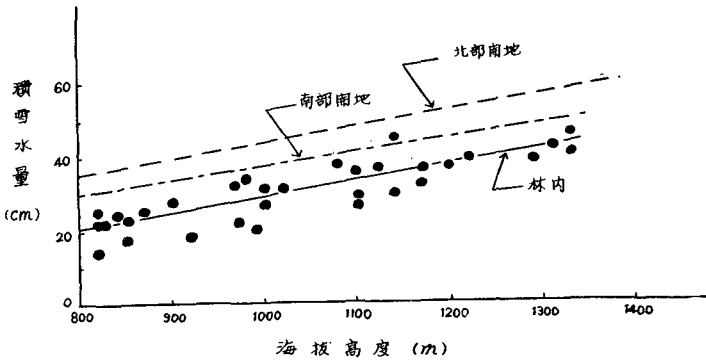
2) 1)と同じ。

第6表 林中の積雪水量 (1956年3月23日現在)

測点番号	測定地点名	測定コース	海拔高度 (m)	積雪深 (cm)	積雪水量 (cm)	測定日	備考
3	ヤンベツ 5キロ	ヤンベ川	840	145	33	III-19	精密測定 (20点以上ボーリング)
4	〃 4キロ		820	138	12	〃	
8	湖 荘 前	ベートル	800	88	15	III-20	
10			850	84	18	III-22	
15		東小沼	1,000	113	26	III-20	
17	東小沼入口		830	82	16	〃	
21		円	1,000	128	36	III-21	
28	山田温泉		800	93	21	〃	
29	十五の沢	望	850	142	33	〃	
30	西尾根		1,020	148	34	〃	
31	トータライザー	山	1,310	200	50	〃	
42	南尾根		1,130	160	33	〃	



第6図 積雪水量高度分布 (林内) 1956年



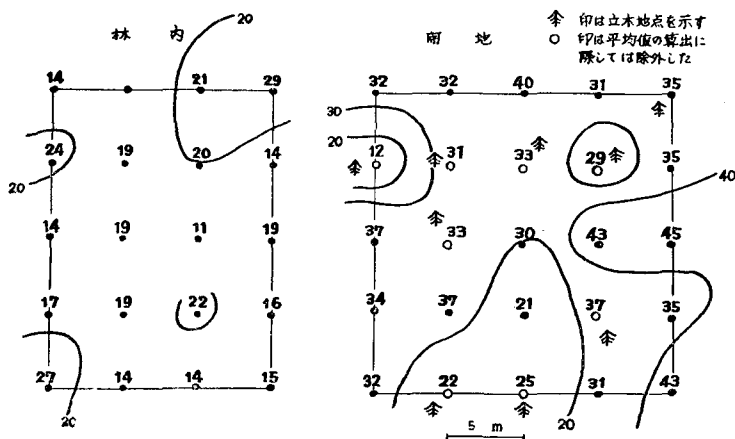
第7図 積雪水量高度分布 (林内) 1957年

第7表 林中の積雪水量(1957年3月31日現在)

測点 番号	測定地点名	測定 コース	海 拔 高 度 (m)	積雪深 (cm)	積 雪 水 量 (cm)	測 月 定 日	備 考
1	ホ ロ カ 峠	ヤ ン ベ ツ 川	1,110	138	36	III-26	密林中の測深データ
2	ラヂオスノーゲージ		980	132	34	〃	
3	ヤ ン ベ ツ 5 キロ		870	120	25	〃	
4	〃 4 キロ		840	117	24	〃	
5	山 田 温 泉		820	85	14	〃	
37	湖 荘 前	ペ ト ー ト ル	810	91	22	III-31	
6	光 風 館 裏		850	89	19	III-27	
7			900	—	—	〃	
8			970	92	20	〃	
9			1,100	123	28	〃	
10	トータライザー地点		1,160	98	25	〃	
11	ペトートル山頂下		1,340	173	47	〃	
12	東北・東向尾根上		1,160	129	30	〃	
13	〃		1,020	122	31	〃	
14	〃		820	96	22	〃	
36	東 小 沼 東 畔	東 小 沼	840	—	—	III-20	
35	トータライザー地点		1,000	123	31	〃	
19	湖 畔		800	103	23	III-29	
20	沢 中	千 三 百 高 地	850	81	17	〃	
21	南 斜 面		920	89	18	〃	
22	〃		990	90	20	〃	
23	〃		1,100	130	29	〃	
24			1,140	117	30	〃	
25	頂 上		1,310	163	43	〃	
26			1,220	—	—	〃	
27			1,200	143	38	〃	
28			1,120	143	37	〃	
29	南 尾 根		1,290	109	27	III-30	
30	トータライザー地点	円 望 山	1,300	—	—	〃	
31	頂 上 下・大 開 地		1,190	160	39	〃	
32	西 尾 根・大 開 地		970	122	33	〃	
33	十 五 の 沢		820	96	25	〃	
34	〃		900	96	25	〃	
15		北 方 境 界	900	116	28	III-28	
16			1,000	150	38	〃	
17			1,140	159	45	〃	
18	頂 上 下・尾根上鞍部		1,350	141	34	〃	

2) 林内積雪水量の精密測定

林内の積雪水量は偏差が大きいと考えられていた。それにしても偏差がどれほどのものを一度精密測定で確かめてみる必要がある。われわれは光風館裏(第2図参照)に、隣り合つた開地と密生林を対照にえらび、第8図に示されているように5mおきの樹目型のボーリング位



第8図 積雪水量精密測定 数字は積雪水量 (cm) を示す

置を決めた。密生林は写真3にみられるようなえぞ松林である。第8図で左が林内、右が開地を示す。図中の数字はその地点の積雪水量 (cm) を表わす。開地といつても樹木を8本含んでおり、その樹冠下の積雪水量は図の○印で示される如く極端に少ないので樹冠の影響とみて、開地の平均値の算定からは除外することにした。図からわかるように林内の積雪水量の偏差は開地に比べてやや大きいといつた程度であり、これ位の密度でボーリングを行なえば平均値は充分に意味があると考えられる。この場合開地の平均積雪水量は36cm、林内の平均は18cmで開地の50%に相当する。この値は予想外に小さいが、密度2.4本/m²、胸高直径20cm以下という密林をえらんだためでもあろう。しかし湖岸附近の低地ではこの程度の林相が代表的である。また石川³⁾の報告によれば定山溪地区でも林内積雪水量が開地の55%という値が出ている。写真3は精密測定地点の樹木の枝に多量の雪が附着して樹冠によつて地上積雪の減少することを示している。

林内測定は偏差が大きいにしろ、開地との差が上述の如く大きな所が存在するとすれば、単なる森林補正係数を用いて開地の値から推定するのは危険である。しかも流域がほとんど森林である場合にはむしろ林内の積雪量の方を主として直接に測定すべきであろう。

3) 森林補正係数

流域内の総積雪水量の絶対値を知るには林内で直接に測つた方がよいことは前に述べた。しかし従来の総積雪水量と比較のために森林補正係数を求めてみよう。そのためには各地域、

3) 石川政幸；豊平川流域における積雪量調査，林業試験場北海道支場業務報告，5 (1956)，124.

各高度の森林密度や林相を知る必要がある。東等³⁾は石数から推定したが林内積雪水量を開地の85%とみて過大評価となつた。そこでわれわれは林内積雪水量の高度分布の測定から逆に森林補正係数を求める方法をとつた。

湖岸附近の密林地区では補正係数が50%程度の所が確実に存在し、山頂附近は森林があつても濶葉樹の疎林であるから補正の必要は殆んどないと考えられる⁴⁾。もし湖岸から山頂までの林内積雪水量も直線的に増加するものならば、開地の場合と同様に面積平均高度地点の林内積雪水量から、全部森林とみなした場合の総積雪水量を計算し開地の場合との比をとればよい。実際は面積平均高度の積雪水量で比較すればよい。第6、第7図は正しく直線的増加の分布を示しているから、各々について計算した結果を次表に示す。

第8表 平均森林補正係数

	面積平均高度 (m)	面積平均高度の 積雪水量(林内) (cm)	同左(開地)* (cm)	平均森林 補正係数 (%)
1956年	1,010	32	47	68
1957年	〃	30	42	71

備考 * 南北両地域の面積荷重で出した開地の平均高度地点の積雪水量。

低地も高地も含めた平均森林補正係数は約70%になるから、われわれは森林内の積雪水量を従来より15%だけ少なく見積る訳である。

4) 全流域の総積雪水量

開地も森林も含めた総積雪水量を求めるには更に流域内の森林面積が必要となる。この場合、開地と疎林の境界如何が問題になるが帯広管林局撮影の冬の流域の航空写真をみると、われわれが開地とみなして測定したところは殆んど判別できるから、白く写っている部分を開地と考えると、森林面積は大ざつぱに90%とみられる。仮にこの見積りに10%の誤差があつても総積雪水量には5%しかひびいて来ない。図版IIの写真6は流域の航空写真の一部である。以上のように森林面積を見積れば全流域の総積雪水量 M は次の式から計算される。

$$\begin{aligned} 1956年 \quad M &= (0.32 \text{ m} \times 0.9 + 0.47 \text{ m} \times 0.1) \times 44.8 \text{ km}^2 \\ &= 15.0 \times 10^6 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 1957年 \quad M &= (0.30 \text{ m} \times 0.9 + 0.42 \text{ m} \times 0.1) \times 44.9 \text{ km}^2 \\ &= 14.0 \times 10^6 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

上の値を開地のみと考えた総積雪水量 $20.8 \times 10^6 \text{ m}^3$ (1956年), $18.9 \times 10^6 \text{ m}^3$ (1957年) と比較すると夫々72%, 74%となる。従つてこの流域では、既に得られた1955年以前の値や、開地に設けられたスノーゲージ地点の積雪水量から、森林も含めた総積雪水量を求めるには73%

4) 1)に同じ。

5) 菅谷重二；積雪量の定量的調査について、大雪山積雪水量及び流出調査、安本資源委員会(1948), 1.

を乗ずればよいことになる。

IV. 降 雨 量

3月末の積雪水量を基にして夏季の湖水面の上昇を予測するには、それまでに降る流域内の降雨量及び、雪と雨の流出率を知らなければならない。そのためには年間を通じての降雪と降雨の特性及び流出の性質を調べるのが一つの方法である。われわれは第1図の●印で示される7地点のトータイザーを夏期には菅谷式の積算雨量計⁶⁾に切り換えて年6回の巡視を行ない、降水量の年変化を調べた。

1) 降雨量の測定

引続き使用した積算雨量計は落葉期に漏斗の下端の管が落葉で詰まることがあるので、管口の外側に更に1枚の金網をつけ加えたが、完全に防止するところまでは行かず、稀には欠測となつた。また雨量計の貯水部を写真7の如くに地中に埋めて、内部の水が日射による水温上昇で蒸発するのを防いだ。写真8はトータイザーとして地上3mに設置されているときの状況である。地中に埋めるために筐を刈つたり、冬期に元の高さに戻す手数はかかるが巡視が非常に容易となる。

2) 期間内の降雨量

第9表に1955年5月22日から1957年5月29日までの2カ年間の期間別の降水量を示す。10月末から翌年2月までの降水量は2月の積雪水量に同じとみなした。理由はこの間のトータイザー内の受水量はその地点のボーリング法による積雪水量よりも小さく出るからである。これはトータイザーの捕捉率によるもので後述する。2月から3月末までの間の積雪水量は、

第9表I 期間別降水量

地 点	高 度 (m)	流 域 積 (km ²)	1955年				1956年		
			3月22日 5"21"	5月22日 75" "	7月6日 9"5"	9月6日 10"30"	10月31日 2"15"	2月16日 3"22"	3月22日 5"21"
			(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(cm)	(cm)	(mm)
然 別 湖 荘	810	3.3	122	262	368	492	16	21	170
東 小 沼	1,000	9.0	174	262	382	500*	42	11	276
ベ ト ー ト ル	1,180	11.4	156	252	344	550*	35	11	156
山 田 温 泉	820	9.4	225	293	334	591	20	19	272
ヤ ン ベ ツ 5 キ ロ	870	5.5	228	321	346	578	39	16	212
ホ ロ カ 峠	1,110	3.9	258	339	353	590	41	19	280
円 望 山	1,310	5.9	267	272	407	408	53	17	412
月 平 均 降 水 量			104 mm/月	195	182	187	100	118	130

備 考 地点名は南から北の順 * は欠測のため推定値を用いた。

6) 菅谷重二；山地雨量研究用自記雨量計の製作とその使用，水害の総合的研究 II，農業物理研究 (1949), 1.

2月に巡視の際に雪面に赤粉を撒布しておいて区別した。3月末から5月末までの降水量に関しては北電然別湖荘の測定値を使つて降雨と降雪の割合を推定し、降雪量はトータライザーの捕捉率(後述)で補正した。なお比較上の便宜のために積雪水量の値はトータライザーの7地点のボーリングによるものだけを用いて面積荷重法で計算した。従つて10月末から翌年3月末までの降水量は前述の総積雪水量と多少異なる場合もある。何れも森林補正は施してある。

1956年5月からは地上3mに設置してあつた雨量計を地上に降ろし、東小沼、円望山は高度・位置ともに移動したので第9表IIに旧位置の値も併記する。

第9表II 期間別降水量

地 点	高 度 (m)	流 域 面 積 (km ²)	1956年				1957年	
			5月22日 7〃27〃	7月28日 9〃9〃	9月10日 11〃13〃	11月14日 2〃9〃	2月10日 3〃31〃	4月1日 5〃29〃
			(mm)	(mm)	(mm)	(cm)	(cm)	(mm)
然 別 湖 荘	810	3.3	446	118	462	24	20	192
東 小 沼 (旧 位 置)	980 1,000	9.0	546	114 (111)	488 (482)	21	22	350
ベ ト ー ト ル	1,180	11.4	402	134	480	23	19	216
山 田 温 泉	820	9.4	396	122	490	19	12	216
ヤ ン ベ ッ 5 キ ロ	840	5.5	334	136	566	26	16	232
ホ ロ カ 峠 (旧 位 置)	1,110 1,110	3.9	468	200 (141)	534 (534)	30	17	302
円 望 山 (旧 位 置)	1,170 1,310	5.9	426	140 (140)	422	33	22	206
月 平 均 降 水 量			196 mm/月	99	231	88	106	125

備 考 () 内の値は平均を算出する時には使用しない。

雨量計移動のために雨量に差を生じたと考えられるのは比較測定5例中、1956年7月~9月間のホロカ峠のみであり、此処では地上に降ろしただけであるから移動のためとは考えられない。測定例が足りないので結論は出せないが、今のところ位置移動の影響はないものとして議論を進める。

第9表のI, II最下欄に1ヵ月あたりの降水量を示してある。これから、5月から11月までの夏期の降雨は、冬期の約2倍にあたることからわかる。したがつてこの流域の降水量は主として夏期の降雨に支配される訳である。結果についての詳細な議論はもう少し観測値の集積を待つてからにしたい。一雨毎の特性については別⁷⁾に述べる。

V. 林内降雨量

林内の積雪水量は開地より意外に少なかつたので、林内の降雨量についても開地との比較測定を行なつた。

7) 孫野長治・織笠桂太郎; 然別湖流域の降雨の特性, 北大地球物理報告, 5 (1957), 67.

場所は光風館裏の積雪の場合と同じ森林と開地をえらんだ。林内には 5 m おきに柵目型に簡易雨量計を 12 ケ、開地には一辺 1 m の正三角形の頂点に 3 ケ配置した。簡易雨量計というのは第 9 図に示す如く 1 升びんに内径 75 mm の漏斗をとりつけたもので、びんの半ばを地中に埋めた。図版 I、写真 5 のような状景である。降水量はびん内に溜つた水をメスシリンダーで測り、漏斗の内径から求めた。

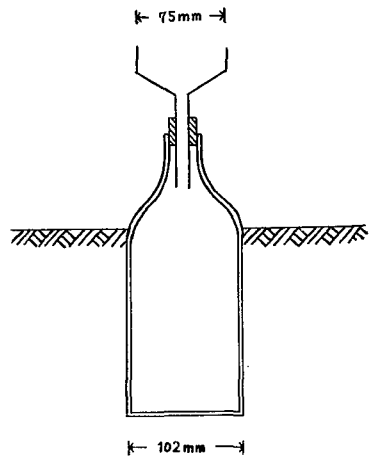
1956 年 7 月 28 日から 9 月 9 日までの結果を第 10 図に示す。図中の数字はその地点の期間内の降雨量を示す。開地の値は似かよつた値を示しているのに比べて林内は開地の半分のところから開地より多い値にまでばらついているが、全体としては開地より少ないといえる。開地の平均 156 mm に比べ林内の平均は 126 mm で約 2 割少ない。図版 I、写真 4 にみられる如くえぞ松の枝ぶりから考えて、幹を伝つておちる水分は殆んどあるまいと思われるので、結局樹冠のために降雨が 2 割だけ途中で妨げられ、そのまま蒸発したものと想像される。高橋⁸⁾の林業試験場(釜淵)における杉林内の測定においても、開地に比し 1~1.5 割少なく幹を伝わる部分は無視できる程度であつた。

樹冠に遮られる雨量は降雨強度や降雨の継続時間に関係することは勿論であり、またこの測定期間は第 9 表 II でもわかるように夏季としては例外的に降雨が少なかつたのであるから、この測定結果を以て他を推測することはできない。以後の議論では一応降雨量に関する森林の影響はないものとする。

VI. トータライザーの捕捉率

雨滴と雪片が交互に降つたり、混つて降る期間には雨量計を塩化カルシウム式のトータライザーに切り換えて使用した。従来トータライザーの雪片の捕捉率は雨滴に比して悪いとされているので、トータライザー内に溜つた水量と同期間に同地点に積つた雪の量を比較して捕捉率を検定した。2 月上旬の巡視の際に雪面に赤粉を撒いてその前後の積雪水量を区別することは前に述べた。測定結果と捕捉率を第 10 表に示す。

次表の捕捉率をそのまま平均すれば 68% となり、通常いわれている 70% に近い値が得られるが、1956 年の前冬期にみられる如く場所により大きな差がある。しかし場所を固定すれば



第 9 図 林内簡易雨量計

林内			開地	
← 5 m →				
108	165	86		
81	114	168		165
105	147	108	152	152
83	128	84		

第 10 図 林内降雨量
数字は降雨量 (mm)

8) 高橋敏夫；未発表。

第10表 トータライザー捕捉率

地 点	1955年10月31日 1956年2月15日			1956年2月16日 " 3月23日			1957年2月10日 " 3月31日			平均 捕捉率
	トータライザー 受水量 (cm)	積雪量 (cm)	捕捉率 (%)	トータライザー 受水量 (cm)	積雪量 (cm)	捕捉率 (%)	トータライザー 受水量 (cm)	積雪量 (cm)	捕捉率 (%)	
然別湖荘	17.5	16	110	—	—	—	—	—	—	70
東小沼	15.5	42	37	—	—	—	7.6	22	35	40
ベトートル	20	35	57	7	11	64	7.8	19	42	60
山田温泉	25.5	20	127	11	19	58	7.8	12	67	60
ヤンベツ	36	39	92	14	16	87	12.8	16	80	90
5キロ峠	30.5	41	74	14	21	67	12.4	17	73	70
円望山	28	53	53	—	—	—	9.6	22	44	50

期間による偏差は比較的少なく、また捕捉率の特に小さく出ている東小沼やベトートルは吹きさらしの場所であることを考慮すればこれは場所による特性とみなされるから、場所毎に捕捉率を決める可能性がある。そこで本論文では必要な際は第10表の最後の欄のような場所毎の捕捉率を採用した。然別湖荘の測定数が少ないので標準の70%をとつた。

VII. 流 出 率

この流域の流出率が少なすぎるというのがわれわれの着眼点であつた。流出率とは流域内の降水量の何%が流域から流出したかという割合である。われわれの場合は流出量の代りに湖水への流入量を探つた。したがつて流出率を検討するには流域の降水量と湖面の水位の変化及び湖の面積を正確に知る必要がある。湖面の水位の変化及び使用水量はダムの取入口で正確に測られているから、放水さえなければ流出量は充分な精度で知ることが出来る。放水は測定期間中には殆んどなかつた。

降水量に関しては雨と雪とでは取扱が少し異なる。雨の場合は降つた量は全部地表に達するものと考えて開地に設けられた雨量計の値をそのまま降水量とみなす。雪の場合は地上に積つた雪の何%が流出するかを問題にするので、Snow samplerのボーリングによる積雪水量を降水量とみなす。したがつて樹木に遮られたり、地温で融解したりする部分に相当する差がある。樹木の影響の大きいことは前に述べた。また地温に関しては後で述べる。

1) 期間別流出率

流出率が小さすぎるというのは融雪期の積雪に関してである。そこで1年を6期間に別けて期間内の見掛の流出率を求めた結果が第11表である。ただし冬期間の降水量は積雪として次の期間に繰越すことが確実なので1期間の流出率は無意味である。ここでは11月から翌年3月までの冬期の3期間を通じての流出率を挙げておいた。また比較上の便宜のため冬期の積雪水量はトータライザー地点(雨量計設置点)7点から雨量の場合と同様に面積荷重法で計算した。

第11表 期間別流出率

期 間 (月日)	総降水量 (m ³)	流出量 (m ³)	流出率 (%)	月平均流出量 (m ³)
1955年	5.22~7.5	13.9×10 ⁶	88	8.5×10 ⁶
	7.6~9.5	17.5	59	5.2
	9.6~10.30	25.6	57	8.0
1956年	11.1~2.15	11.2	110	4.1
	2.16~3.22	4.0		3.0
	3.23~5.21	11.4	5.5	
	5.22~7.27	20.4	72	12.5
	7.28~9.9	6.6	102	4.8
1957年	9.10~11.13	22.0	55	5.8
	11.14~2.9	8.9	88	2.9
	2.10~3.31	5.6		3.9
	4.1~5.29	11.1		4.8

上の表で次の2点が注意される。

(1) 冬期の流出率は夏期よりも多い。

(2) 流出率は期間により非常に異なるが全体としてはそれほど小さくはない。

2) 流出率に関する考察

冬期は夏期よりも流出率が大きく、殊に1955年から56年にかけての冬期は100%を超えるという不思議な結果になる。これについては次のように考えられる。第11表の月平均流出量でみられるように冬期の融雪がないと思われるのに夏期の半分くらいの流出が続いている。また冬期直前の期間流出率が両年とも最小になることから考えて冬期の流出量には秋の降雨が多分に含まれていると思われる。冬期の流出率が100%を超えたりするのもこれが原因であろう。同様な現象が融雪後の流出にも起つていると考えられる。

期間後に繰越す量が上に述べた如く多とすれば2カ月程度に区切つて流出率を論じるのは適当でないかも知れない。そこで1カ年単位で流出率を調べてみよう。期間の境が毎年同じような状態であるから、その場合前の期間から繰越される分と次の期間に繰越される分も大体同じとみてよいし、また繰越しに多少の変動があつても全体のパーセントにはあまり響いて来ない。

年間流出率を第12表に示す。

第12表 年間流出率

期 間	1955年5月22日 1956年5月21日	1955年9月6日 1956年9月9日	1956年2月16日 1957年2月9日	1956年5月22日 1957年5月29日
流 出 率	80%	82%	77%	75%

どの期間をとつても年間を通じての流出率は80%前後で変動が少なく、このパーセントがこの流域に固有なものと思われる。流出率75~82%は外の流域に比べて決して小さい値ではない。従つてこの流域に特別な漏水がある訳ではない。ただ夏期の水量を吸収し冬期に吐き出す傾向があるだけである。この流域が森林に富んでいるのも上記の性質の一原因であらう。

3) 水位復元の予測

この流域は全体としては流出率が80%前後ということがわかつたが、3月末の積雪水量を元にして夏季シーズンの水位を予測する方法を考えてみよう。6月までに流域内の積雪は殆んど融けてしまうからここでは5月末の水位を目標とする。そのためには3月末から5月末までに降る降雨量も予測しなければならない。過去2カ年間の3月末現在の積雪水量、3月末から5月末までの降雨量及び流出量は下表の如くである。これから、積雪水量と降雨量の何%が期間内に流出したかという見掛の流出率も計算される。

第13表 融雪期の流出率

	3月末の積雪水量 A (m^3)	5月末までの降雨量 B (m^3)	$A+B$ (m^3)	3月~5月間の流出量 C (m^3)	流出率 $\frac{C}{A+B}$ (%)
1956年	15.0×10^6	11.4×10^5	26.4×10^6	11.1×10^6	42
1957年	14.0	11.1	25.1	9.1	36

表からわかるように3月末の積雪水量と5月末までに降つた雨の和が3月末から5月末までに流出するものと考えると40%程度しか流出しないことになる。東等の出した融雪期の流出率43%もこれに相当するものである。

融雪期の見掛の流出率が小さいからと云つて流域に漏水があるのではなく、融雪が一時に流れ出ることなく次の期間に繰越されるのである。次の期間でも同様なことが繰り返される上に、夏期の降水量は冬期の2倍近くになるので融雪水そのものの追跡が不可能になつてしまう。

融雪水の行方は免も角として水位の復元については今のところ次のように提案したい。3月末の積雪水量を $A m^3$ 、3月~5月の予測降雨量を $B m^3$ とすれば3月末から5月末までの水位の上昇量 $H m$ は次の式で示される。

$$H = \frac{0.40}{3.6 \times 10^6} (A+B) \quad (5)$$

ここで $3.6 \times 10^6 m^2$ は湖水面積である。

過去3年の例では B は $(11.0 \pm 0.5) \times 10^6 m^3$ に収まるから簡単に

$$H = 1.11 \times 10^{-7} (A + 11.0 \times 10^6) m \quad (6)$$

とした場合の誤差は見掛の流出率の偏差5%を考慮して10%の精度の予測が可能である。

VIII. 地 温

前から注意されていたことであるが、第2表及び第2図からわかるように、然別湖荘と山田温泉の積雪水量は高度分布から予想されるより遙かに小さい。この理由として、この両地点は温泉に近いために冬期間に積雪が地熱で下部から融けるといふことも考えられる。この点を検討する目的をもつて雨量計設置地点の地下1mの地温を測つてみた。温度計は地球物理学教室福富研究室のものを借りて使用した。結果を第14表に示す。

第14表 地 温 (地下1m)

地 点	高 度 (m)	1955年11月 (°C)	1956年5月 (°C)	1957年5月 (°C)
●然別湖荘	810	4	5	6.6
東小沼	1,000	7	4.5	3.4
ベトートル	980	6	—	4.8
	1,180	6	—	4.0
●山田温泉	820	5	5.5	6.8
ヤンベツ5キロ	840	4	4.8	4.2
ホロカ峠	1,110	6	—	2.7
円望山	1,310	4	—	1.6
	1,180	—	—	0.0

表からわかるように●印を附した然別湖荘と山田温泉は1957年以外は他より特別高温とは考えられない。地下1mは日変化の影響は避けられるが、年変化が及ぶので冬期の測定結果の得られるまで結論は差し控えたい。

IX. トータライザー、スノーゲージ地点及び然別湖荘の代表性

流域の降水量を正確に知るために多くの測点を設けた。しかし将来はなるべく便利な小数の測点で全体を推定したい。そのためには測点を減らした場合の代表性を調べておく必要がある。問題を積雪水量に限つて、トータライザー地点、スノーゲージ地点及び然別湖荘の代表性を調べてみよう。

第15表 積雪水量の代表性
(測点を減らした場合の総積雪水量)

	全ボーリング (m ³)	トータライザー地点のみのボーリング* (m ³)	スノーゲージ地点のみのボーリング (m ³)	然別湖荘のみのボーリング (m ³)
1956年	15.0×10 ⁶	15.2×10 ⁶	15.3×10 ⁶	10.8×10 ⁶
1957年	14.0	14.5	14.2	14.4

備考 * 面積荷重法により算出

第15表からわかるように、スノーゲージ設置点の1点だけで推定した総積雪水量は全ボーリング34点から出したものと2%の誤差で一致しており、トータライザー7地点から計算したものと比べて遜色がない。然別湖荘の1点から推測する場合には1957年はよく一致しているが、これは前年度の吹きさらし地点を避けたからである。何れにしても代表性を論じるには未だ測定年数が足りないようである。

X. 要 約

然別湖流域の積雪量及び降雨量の調査を継続し次の結果を得た。

1. 3月末の総積雪水量の年変動は最大2割である。
2. 従来の森林補正係数85%は70%に改めた方がよい。
3. 林内の降雨にも補正が必要かも知れない。
4. 流出率は夏期が少なく冬期に多いが年間を通じては約80%で漏水があるとは考えられない。
5. 秋期の降雨の一部が冬期に流出し、融雪水は夏期までに少しづつ流出する。したがって融雪期の流出率は見掛上小さく見える。
6. 3月末の積雪水量 $A \text{ m}^3$ から5月末までの水位上昇 H は $\pm 10\%$ の精度で

$$H = 1.11 \times 10^{-7} (A + 11.0 \times 10^6) \text{ m}$$

で与えられる。

7. 地温の影響はまだはつきり云えない。
8. スノーゲージ地点の積雪水量の代表性は非常によい。

本研究の費用は委託者北海道電力株式会社に仰ぎ、流出量に関する資料は同社給電課の高橋和夫氏から提示され、また北電然別湖荘を長期に亘り観測基地として使用した。記して甚深の謝意を表わす。また観測を援助された物理学教室板垣和彦・小元敬男・肥沼正一氏・大学院学生高橋劭・菊地勝弘の両君に感謝する。高田雄次・音田功・後藤治・小坂栄一・安達誠・藤野和夫の諸君も地球物理学実習として観測に参加した。

5. Hydrological Investigations in the Lake Shikaribetsu Basin

By Choji MAGONO and Keitaro ORIKASA

(Department of Geophysics, Faculty of Science, Hokkaido University)

Taking over the work of Higashi and colleagues, the authors surveyed the snow cover and rainfall in the Lake Shikaribetsu Basin, Hokkaido through 1955 and 1957, and obtained following results.

i) The maximum annual variation of the snow cover in late March in the basin was about 20%.

ii) The correction coefficient of snow cover for forest area, that is, the ratio of snow cover in the forest area to that of the open area, hitherto taken as 85% should be changed to 70%.

iii) It may be true that the rainfall in the forest area is smaller than that in the open area.

iv) The run-off coefficients in summer season were found to be smaller than those in winter season, but the coefficient through whole year was about 80%, therefore, it is considered that there are no special leakage points of water in the basin.

v) A reasonable part of autumn rainfall ran off in winter season, and melted snow cover ran off gradually in summer season, so that the coefficient of run-off in snow melting season appears to be too small.

vi) The amount of the rise in water level of the lake may be forecasted by the total amount of snow cover in late March by following formula with the accuracy 10%,

$$H = 1.11 \times 10^{-7} (A + 11.0 \times 10^6) \text{ meters,}$$

where A is the amount of the total snow cover in the basin.

vii) The effect of heat flow from the earth's surface on the snow melting has been considered but the effect is not yet known clearly.



写真1 円望山より南方然別湖を望む

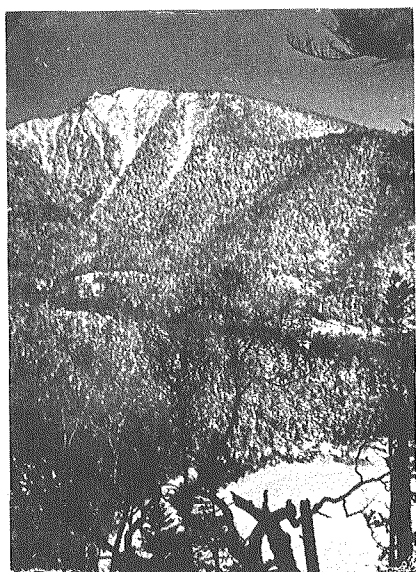


写真2 ベトートル山



写真3 林内積雪水量精密測定地点



写真4 林内降雨量精密測定地点



写真5 簡易雨量計(中央)

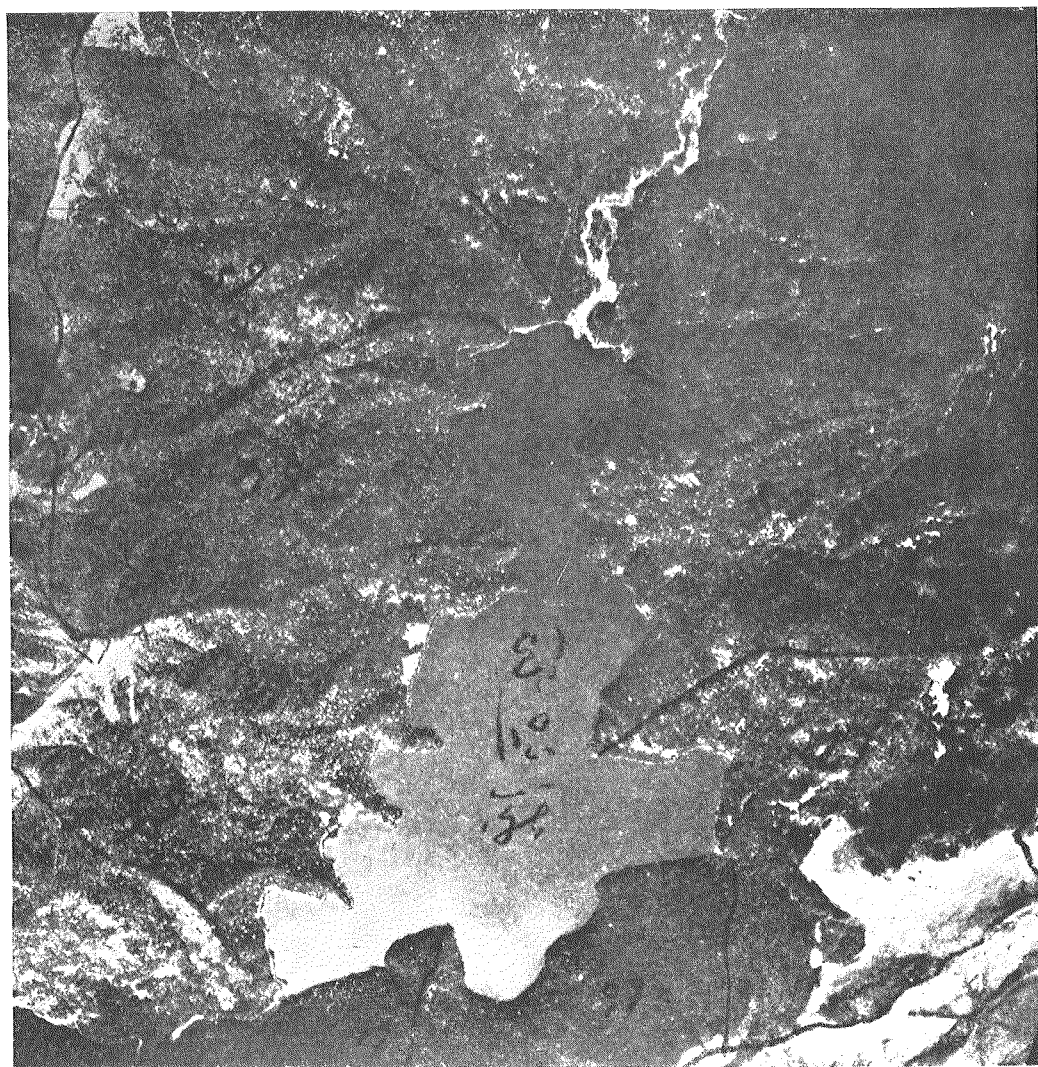


写真6 流域南部然別湖附近の航空写真



写真7 積算自記雨量計



写真9 トータライザー