



Title	融雪期における河川流域の水温
Author(s)	小林, 大二; 植松, 孝彦
Citation	低温科学. 物理篇, 33, 117-124
Issue Date	1976-03-30
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/18279
Type	bulletin (article)
File Information	33_p117-124.pdf



[Instructions for use](#)

融雪期における河川源流域の水温 II*

小林 大二

(低温科学研究所)

植松 孝彦

(北海道大学大学院理学研究科)

(昭和50年10月受理)

I. ま え が き

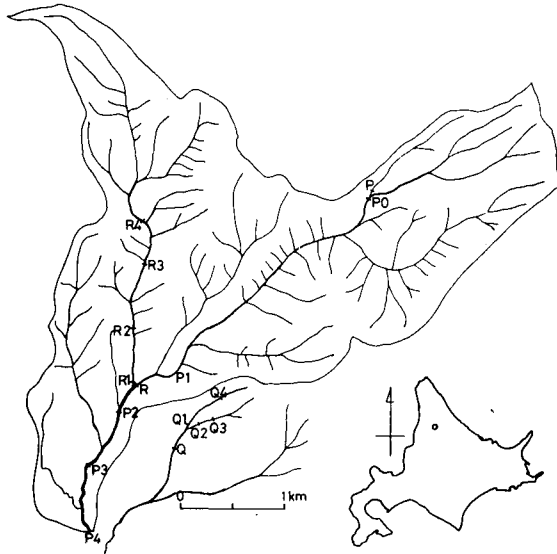
冬の大雪によって、春の融雪期が長びくと、河川の水温の上昇が遅れ冷水害¹⁾をもたらす。そのため、河川水温調査会を中心に融雪期の河川水温の調査研究が方々で行なわれ²⁻⁵⁾、積雪及び気温と河川水温との相関等がいくつか、明らかにされている。しかしながら、なお不明の点も多く、特に、積雪中を流下した融雪水が最初に川となる源流部の調査が欠けていた。著者等は、北海道でも最も寒く、雪の多い雨竜川の一支流において、融雪期に積雪下を流れる小川の水温を調査した所、予想より高い3°C前後の水温があることを見出した⁶⁾。又、所々にみられる湧水は5~6°Cもあった。このことは、融雪水が地表面の積雪中を山腹に沿って表面流出するという従来の説は誤りで地下流出(中間流出)が卓越することを示唆する。0°Cの融雪水が3~5°Cに暖められた状態で流出するためには地温はそれ以上に高くなくてはならない。しかるにこの流域の年平均気温は4°C弱であり、しかも融雪期は地温が最も下る時期である。年平均気温に比して、流出水温が高過ぎはしないかという疑問も生じ、融雪期の川水温の変動及び、積雪期をはさんでの年間の水温、地温等について調査、研究した。

II. 調査流域の概説

観測流域は、北海道大学雨竜地方演習林内の母子里である。第1図に示す如く、石狩川支流の雨竜川源流域にあたる、標高290~590mの、盆地状地域の北側に位置する11.4km²の小流域である。著者等は1967年以来毎春、この地において、融雪にかかわる熱収支、水収支の研究を続行している⁷⁻¹¹⁾。それに付随して水温の観測を1972年に始めた。

当地は、前述の如く寒冷多雪地帯で、年平均気温4°C弱、冬期の最低気温が-30~-40°Cに及ぶこともしばしばある。通常11月初旬には根雪となり、積雪深は2~2.5m(水にして65~80cm)に達する。融雪期は4月中旬に始まり、積雪が消えるのは平均して5月中旬である(第2図)。このため流域内の河道の大部分は、融雪最盛期の4月下旬でも、積雪におおわれていることが多い。1974年と1975年の4月24日に露呈していた河道は主流のうちP0(第1図)より

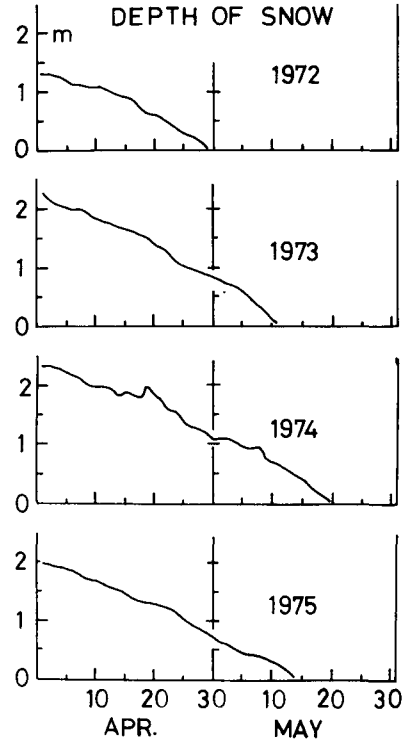
* 北海道大学低温科学研究所業績 第1700号



第1図 観測流域図(北海道雨竜郡幌加町母子里, 北大・雨竜地方演習林内)
記号は水温観測地点を示す。

1 km 下流より及び, R2 より下流だけである。

融雪最盛期の気温は, 最低は $-5 \sim -10^{\circ}\text{C}$ まで下がるが, 最高は $10 \sim 15^{\circ}\text{C}$ に及ぶこともあり, 1日の融雪水量は $10 \sim 40 \text{ mm}$, P4 地点の流量は $4 \sim 6 \text{ m}^3/\text{s}$ に達することもある。融雪量は, 晴天の時は平地よりも山地においてやや多くなり, 曇天の時はその逆の場合もあるが, おおむね流域で一様である。融雪のピークは日射の強い12時前後であるが, P4 地点の流出のピークは17~19時頃である。上流のP, Q地点においても流出のピークはやや早い16~18時頃である。P~P4地点間(4.2 km)の河道流下時間は80~120分であり, P4 地点の流出の半減期は15~30時間である。

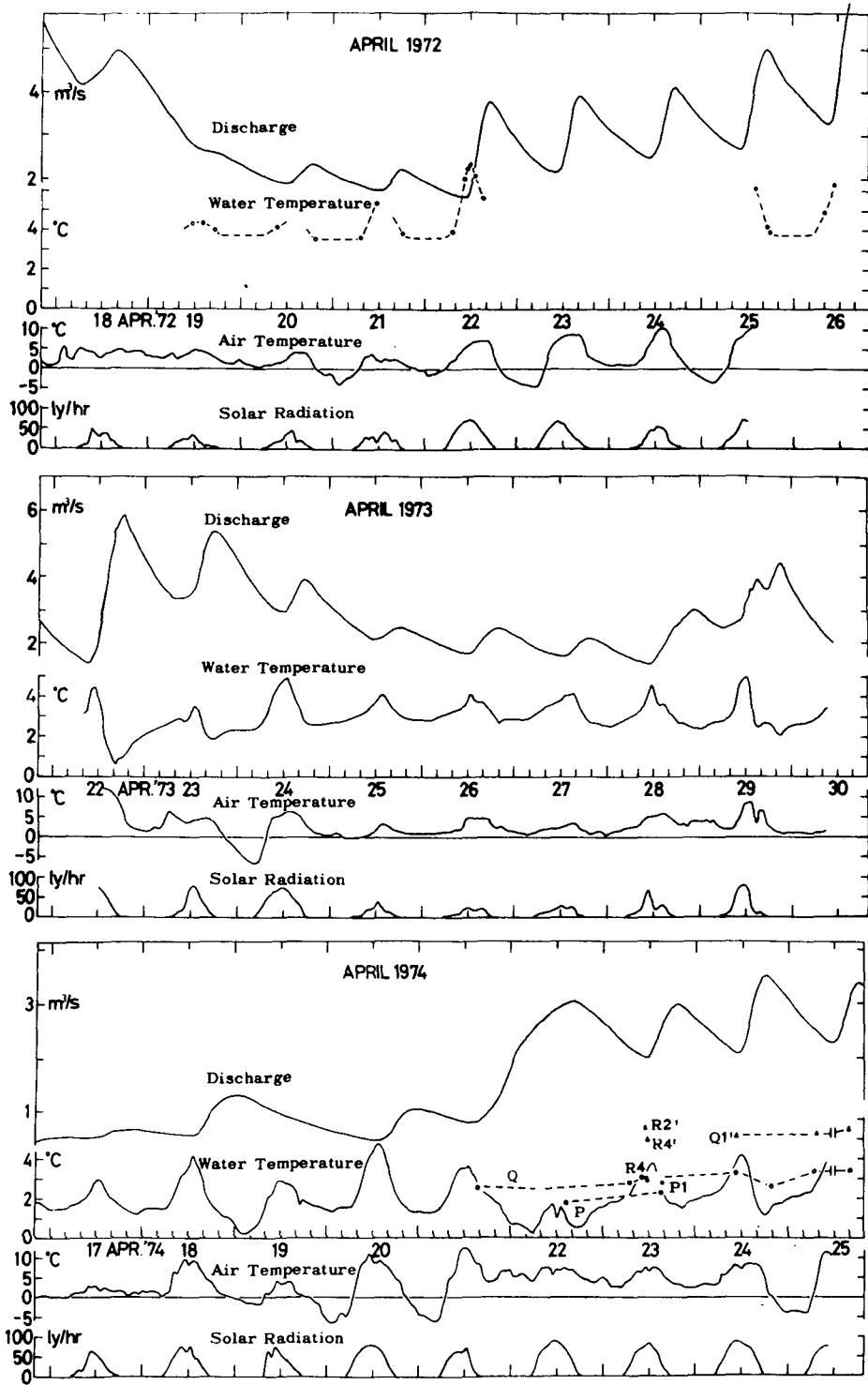


第2図 融雪期の積雪深

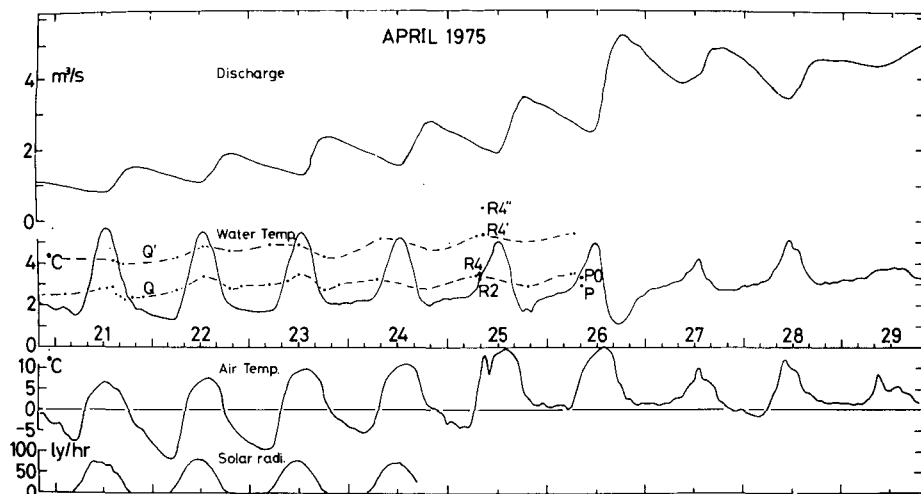
III. 融雪最盛期の川及び湧水の水温

観測流域の末端, P4 地点では, 水温, 流量の他に, 気温, 日射等の気象要素の連続観測も行なったのであわせて第3図に示す。この他に第3図には, 相対的に上流の, 積雪下を流れる川の水温及び湧水の水温の測定結果を記載してある。

地点 P4 における水温の変動のあらまは次のようになっている。流出量は晴天が続くと規則的な日変化を示し, 11時前後に最少となり18時前後に最大になる。このような場合, 水温もかなり規則的な日変化を示す。水温は, 昼間は日射に1時間弱の遅れをもって, 非常によく追従し, 12~13時頃 $4 \sim 6^{\circ}\text{C}$ まで上昇する。日射に比べて, 川水と空気との熱交換は少い。夕刻日射が少くなり, 流量が増大すると $2 \sim 3^{\circ}\text{C}$ まで水温は下がる。流量は夜間ずっと減少を続ける。気温は通常明け方まで下降を続け, 時には $-5 \sim -10^{\circ}\text{C}$ に及ぶこともあるが, 水温は



第 3 図



第3図 地点 P4 における、融雪期の流出量、川水温、気温、日射量。但し 1974、1975 年分の水温の記号 P, P1, Q, R4 は積雪下の川水温、Q1', R2', R4' は湧出水の水温 (測定地点は第1図参照)

夜の間ほとんど変わらないか、わずかに上昇する。流量が最大に達した時に、時たま $0\sim 1^{\circ}\text{C}$ までの水温の低下もみられるが、このような場合は水位が前日より上まわった場合である。水位の上昇により岸の積雪塊が河道に落下するか、積雪下の川の水面が積雪に接触するかして川の中で雪が融かされ、水温が急激に低下する。日最低水温が、 1°C 前後まで下がった例は積雪の多かった 1974 年にたびたびみられる。積雪の少い 1972 年には水温の日最低が 3.5°C 程度である。

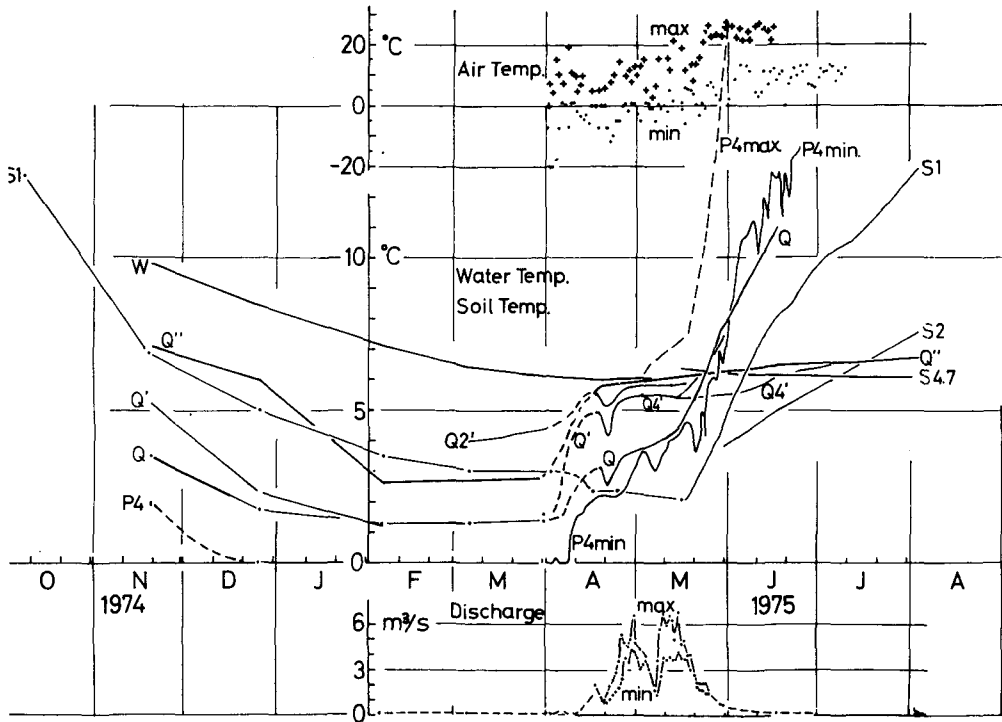
夕刻、流量が増加することによって川の水温が低下するのではなく、流出水の本来的水温に戻るのである。融雪最盛期に晴天が続く場合、流量は日々増大していくが、流量の多い夜間の日最低水温は徐々に上昇を続ける (第3, 4図)。又、上流の積雪下においても、流量の相対的変動は下流の P4 地点のそれとほぼ同じであるにもかかわらず、小川の水温 (第3図中で Q) 及び湧水の水温 (Q') は、それぞれ 3°C 及び 5°C 前後に保たれ、大きな日変動を示さない。

この流域の融雪期の日最大融雪水量は 35 mm 程度である。上述の水温のデータから、この程度までの融雪流出の時は、流出量の 8 割前後は地下流出 (中間流出) であって、融雪水が積雪中を流下して直接川に出る表面流出の部分は少いと言える。

IV. 積雪期を通じての水温及び地温

積雪期を中心とした年間の水温及び地温の変動を第4図に示す。又融雪期の P4 地点の流量、気温等も併記した。

水温 積雪下を流れる小川の水温 Q は、1月から3月にかけてほぼ $1.2\sim 1.3^{\circ}\text{C}$ を保つが、4月の初旬の融雪期に入って 3°C 近くまで急に上昇する。この原因は気温の上昇にあるのではなく、川の水源部の流出地下水及び湧水の水温上昇にある。湧出水の水温 (Q', Q', Q') は冬期間中は湧出口によって、 $1\sim 4^{\circ}\text{C}$ と異なるが、融雪期に入って湧出量が増加しだすと、どの

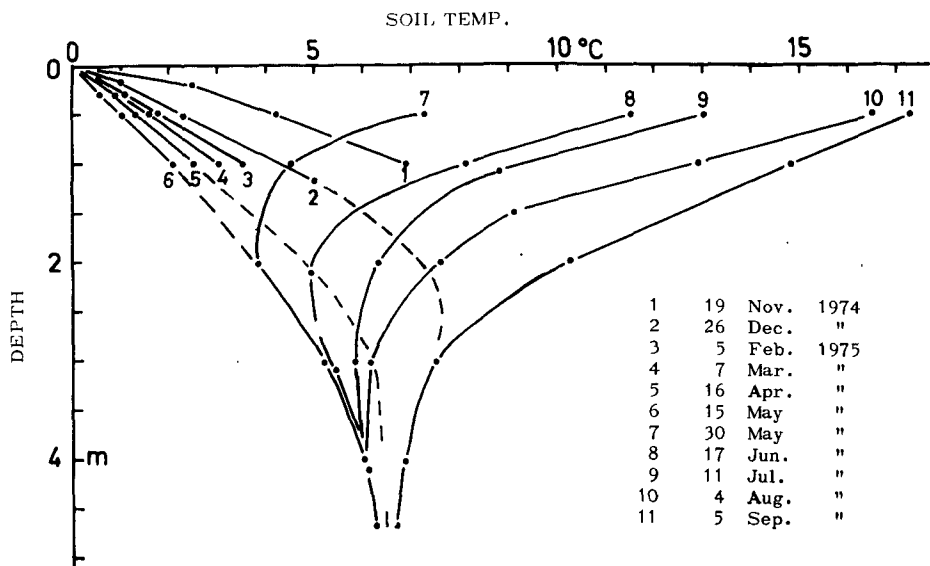


第4図 積雪期を通しての水温、地温、井戸水温及び融雪期の流量、気温。
 (P4_{min}: P4地点の日最低水温, P4_{max}: P4地点の日最高水温, Q:
 積雪下の小川の水温, Q', Q'', Q2', Q4': 湧出水の水温, W: 井戸
 水温, S1, S2, S4.7: 1 m 深, 2 m 深, 4.7 m 深の地温)

湧出口の水温も急に5~6°Cに上昇する。そして融雪期間中はあまり変わらないで、融雪の終了と同時に、徐々に上昇をはじめめる。

下流のP4地点においては、冬期間中、所々で表面に氷が張っていて、水温はほぼ0°Cを保つ。4月初めに気温が上昇しだすと川の水は融け始めるが、水温の上昇がみられたのは、積雪表層の融雪水が川に流出を始めた4月10日前後である。この時、P4地点の最低水温(P4_{min})は0°Cから1.5°Cまで急上昇している。その後融雪期を通じて、最低水温は2°Cから4°Cへと徐々に上昇している。この上昇も気温の上昇によるものではない。融雪期間中の夜間の気温は高くても1~2°Cで、ほとんどの場合0~-5°Cと最低水温より低い。5月下旬に至り、融雪期が終りに近づき、無雪域が広がるにつれてP4地点の川水温は急上昇しだす。

地温 地点P4で測定した1m深の地温は9月中旬に約15°Cの年最高値となり、10月に入ると降下を始め、3月初めには3.0°Cまで下がった。その後4月初旬まではほぼ横ばいを続けたが、融雪末期には2°C近くまで下がった。1mより深い地温の冬期のデータはないが、5月30日の2m以下の地温のデータは融雪末期のそれとほぼ等しく、かつ年間の最低地温に近いものと推定される。それによると、2mで4°C、3mで5°Cを上まわっている(第5図)。4.7mの地温は5月30日から9月5日まで、6.2~6.7°Cの変動しか示さない。6.5°C前後が地温の不易層の温度とみられる。



第5図 地温分布の推移

第 1 表

期 間		地中貯熱消費量	地面近くの熱流量	地面融雪熱量	積雪中の熱流量	融雪水の昇温熱量
12月26日	cal/cm ² ·day	—	5	2.4~4	2.5	—
4月15日	cal/cm ²	500	530	250~400	200	—
	備 考	土の熱容量 0.8 cal/cm ³	土の熱伝導率 2×10 ⁻³ c·g·s 平均温度勾配 3°C/100 cm	地面融雪量 0.3~0.5 mm·water/day	雪の熱伝導率 1×10 ⁻³ c·g·s 平均温度勾配 3°C/100 cm	
4月16日	cal/cm ² ·day	—	4	4	0	7.5
5月15日	cal/cm ²	260	120	120	0	220
	備 考	土の熱容量 0.9 cal/cm ³	土の熱伝導率 2.5×10 ⁻³ c·g·s 平均温度勾配 2°C/100 cm	地面融雪量 0.5 mm·water/day		融雪量 2.5 cm·water/day 水温 3°C

地中貯熱量とその消費 P4 地点での地温のデータ (第5図) を用いて、およその地面付近の熱流を計算したものが第1表である。熱の収支を論ずるには、水の滲透、流出等の一次的には処理できない問題を含むので、これだけの資料では足りない。しかしながら、暖候期の地中貯熱が、12月末から融雪が終る5月中旬までに約800 cal/cm²消費されることで、地面融雪、融雪水の昇温等が行なわれたとみてもよさそうである。

V. 結 語

この流域では新第3紀の中新世後期の火山放出物が安山岩の上に堆積している。その上層

2~3 m は透水性がよい。地温、地中貯熱及びその消費、水溫の推移等を総合すれば、融雪水が地中に 2~3 m まで滲透したあと、水みちを通して川に流出すると推論できる。融雪期の 3~5°C に達する水溫は流域全体で観測される。地中から川に出る水があまり分散すると冷却される。川の起源は、多くの場合、地中からの滲出水によるのではなく、水みちによるのかもしれない。融雪期に地表面が全域 0°C になるという単純な温度条件は、流域全般の均一な融雪水の流入の条件をともなって、複雑な流出機構解明の有力な手がかりを与える。

この研究の一部は文部省科学研究費によった。又、観測は北海道大学雨竜地方演習林母子里作業所管内において行なった。種々便宜を計っていただいた同林長氏家助教授、三好技官をはじめ演習林関係者に感謝する。又、観測は小島賢治教授、石川信敬、油川英明両助手及び大学院学生、高橋修平、久保田裕士両氏の御助力に負う所が大きい。あわせて感謝する。

文 献

- 1) 小笠原和夫 1969 山と水の自然. 古今書院, 195-201.
- 2) 新井 正・古藤田一雄・立石由巳・西沢利栄・羽田野孝通・本多 修 1964 融雪期の河川水溫について. 水溫の研究, **7**, 278-283.
- 3) 西沢利栄 1965 融雪期の河川水溫. 水溫の研究, **9**, 661-665.
- 4) 西沢利栄 1971 融雪期の河川水溫. 東教大地理研究報告, **15**, 163-168.
- 5) 新井 正・西沢利栄 1974 水溫論. 共立出版, pp. 297.
- 6) 小林大二・小島賢治・油川英明・石川信敬 1974 融雪期における河川源流域の水溫 I. 低温科学, 物理篇, **32**, 279-282.
- 7) 大浦浩文・小島賢治・小林大二・小林俊一 1967 金山ダムおよび朱鞠内湖附近における融雪の研究. 低温科学, 物理篇, **25**, 99-117.
- 8) 小林大二・成瀬廉二・大浦浩文 1968 母子里における融雪量と流出量. 低温科学, 物理篇, **26**, 105-111.
- 9) 小島賢治・小林大二・小林俊一・油川英明・石川信敬 1970 母子里の小流域における融雪, 流出および熱収支の研究 I. 低温科学, 物理篇, **28**, 175-190.
- 10) 小島賢二・小林大二・油川英明・成瀬廉二・石本敬志・石川信敬・高橋修平 1971 母子里の小流域における融雪, 流出および熱収支の研究 II. 低温科学, 物理篇, **29**, 159-176.
- 11) 小島賢治・小林大二・油川英明・石本敬志・高橋修平・藤井俊茂 1973 母子里の小流域における融雪, 流出および熱収支の研究 III. 低温科学, 物理篇, **31**, 159-177.

Summary

During the snowmelt period, temperatures of streams and springs were observed in the source areas of runoff. It was found that the temperature of discharged water was about 3°C in streams and 5°C in springs (Figs. 3 and 4). The observed basin, located in the northern part of Hokkaido island, Japan (Fig. 1), was entirely covered with snow 1 m deep even in the latter part of April (Fig. 2). Most of water channels were also covered with snow thick enough to insulate discharged water from external heat sources. Temperatures of soil at depths of 2 and 3 m were 4 and 5°C in the end of the snowmelt period (Fig. 5).

Until the present investigation, it was believed that surface runoff prevailed in the melt period and temperatures of streams in the source areas were nearly 0°C.

However, the foregoing fact that soil and discharged water were nearly identical in temperatures at fairly high values, 3 to 5°C, proves that most portions of the snowmelt water in the melt period infiltrate into the ground and reappear as springs and ground flows into streams at some distant points.