

建設省土木研究所 ○寺田秀樹  
 建設省土木研究所 下村忠一  
 建設省湯沢砂防工事事務所 山内 修

1. まえがき

流路工を中心に、砂防設備の克雪利用（除・排雪利用）のための技術的指針を作成することを目的として、調査を実施している。今回は、施設の利用形態とその際に必要となる検討事項について、2～3の検討を行ったので報告する。

2. 砂防設備の克雪利用形態と検討事項

克雪のための利用形態をその主たる利用目的から、

①流雪、②堆雪、③融雪及び④取水に区分し<sup>1)</sup>、砂防設備毎に整理した（表-1）。これらのうち①～③の利用目的に対しては、主に以下の項目についての検討が必要になると考えられた。

- ① 流路の埋雪状況（流雪、堆雪、融雪）
- ② 融雪出水の規模（流雪、堆雪、融雪）
- ③ 利用可能流量の設定（流雪、融雪）
- ④ 必要最低水深の設定（流雪）
- ⑤ 流雪能力の算定方式（流雪）
- ⑥ 浸透水量（堆雪）
- ⑦ 堆雪時の通水断面の確保方法（堆雪）
- ⑧ 融雪能力の算定方式（融雪）





















以下に、これらの事項の一部に対するこれまでの調査の概要を述べる。

3. 調査概要

3. 1 流路の埋雪状況

現地の観測結果から、流路が埋雪するのは、①流水が無い場合は、当然河床に直接積雪を生じることになる。また、水深があっても、貯留水の場合には、降雪量によっては積雪を生じる。②流水が有る場合でも、河岸の法面や河岸に積もった雪が河床に落下することをきっかけに積雪を生じる（図-1 a）。③小流路の場合には、河岸に積もった雪が雪庇状に張り出し、それが結合することによって、流路を覆う（図-1 b）。④大流路の場合でも、河床が整正されていない場合には、水面上に出た部分に積雪が生じ、それらが結合することによって、水面が

表-1 砂防設備の克雪利用形態

砂防設備	比 砂 堆	凍 結 工	融 雪 工
流雪	—	—	①  ①通過断面での処理 ②  ②横断面化して処理 ③ 
堆雪	①  ①埋砂堆を利用した雪ダム ②  ②比砂堆を利用した雪ダム	—	①  ①広幅流路または高水深を有す流路で、洪水断流を確保した上での堆雪処理。 ②  ②横断面化により通水断を確保し積雪利用。 ③  ③所設式通行。夏期は融水出流。冬期は積雪層を過水断面として確保し、雪雪利用。 ④  ④既設構造物による横断面化。 ⑤  ⑤を前回のパイプス水深により、洪水を迂回させる。
融雪	①  ①貯留水を利用した融雪処理。 ②  ②ウォーターアクション利用の融雪処理	①  ①比砂堆を融雪プール化。 ②  ②ウォーターアクション利用の融雪処理 ③  ③既設構造物でのウォーターアクション化	①  ①取水管内に融雪プールを設ける。 ②  ②河川をせき止めるため「河川プール」を利用した融雪池。 ③  ③既設構造物による流路のプール化。
取水	①  ①下流の空管利用水の取水。	—	①  ①下流の埋雪面水深への取水。

覆われてしまう。⑤水面を覆っていたが河床に落下する。⑥吹雪時には流路内に吹き溜る。等、流路幅（水面幅）、河岸の法勾配、河床の状況、流量（水深・水温）と降雪量、積雪深、風向・風速等により様々である。

このうち、構造物として対処できるのは、流路幅、法勾配、河床の整正等である。例えば河岸の法勾配が1割5分の場合には、積雪は法面上に保持されているのが観察された（図-1c）。また流路幅については、積雪深等によって埋雪あるいは覆われる範囲が異なるものと考えられ、継続して調査の必要がある。

### 3. 2 融雪出水の実態と規模

融雪出水には、いわゆる融雪期に生じるものと1月や2月の増雪期（厳寒期）に生じるものがある。ここでは、増雪期から融雪の初期までの、流路が埋雪されている時期に生じる出水について検討した。

そこで、それらのうち新潟県内で被害のあった洪水資料を収集した（37件）。各々の洪水発生要因を区分して示したのが、表-2である。これから河川の融雪災害は、自然的要因単独ではなく種々の要因が複合して発生することが多いのがわかる。

また、洪水の形態には、通常の溢水の他に、シャベット状の雪が押し寄せるものや、大きな雪のかたまりをかかえこんだ鉄砲水のようなものもある。

次に、出水時の流量と積雪深との関係を近傍のダムの流入量を基に比流量として示した（図-2）。

図中の○印が被害の発生があった出水である。今回の資料では、積雪深が2m程度になるまでは、被害の発生するような洪水は生じていない。また、積雪深が増すと流量が小さくても災害が生じていることがわかる。したがって、積雪の状況が洪水災害の発生に深く関与しているものと考えられる。

これらの洪水時の流量を把握するため、上述のダムの流入量を基に熱収支法による出水量の推定式を作成し、これらから求めたピーク流量を計画流量（降雨強度確率1/100）との関係で示した（図-3）。図から、融雪洪水量は計画流量の5~10%程度であることがわかる。また、比流量になおすと、0.5~1.5 (m<sup>3</sup>/s/km<sup>2</sup>) 程度の範囲であった。また、洪水量には降雨の占める割合が高いケースが多かったため、月別の降雨確率等からの評価が必要と考えられた。

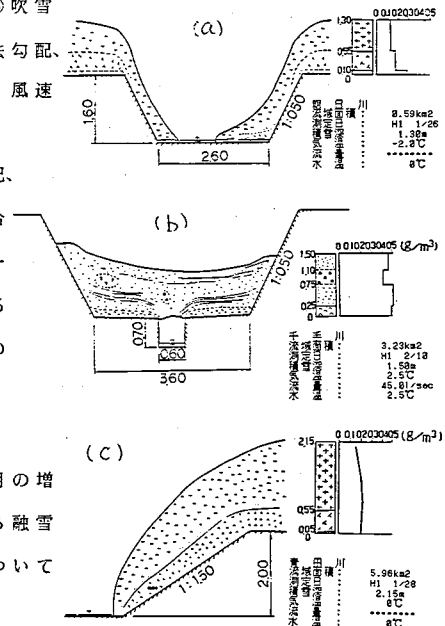
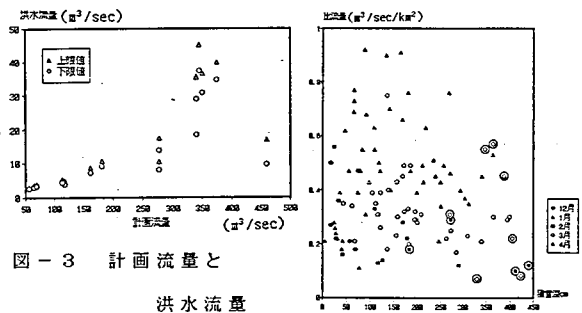


図-1 流路の埋雪状況

表-2 融雪洪水の要因

	内 容	災害のタイプ			
		異常凍災害 関連性	融雪災害 件数	融雪災害 関連性	融雪災害 件数
人為的	○河堤への設置過多	○	6	○	13
構造的	○橋合、橋脚による河堤断面の減少 ○河堤の傾斜による管轄の構造能力の低下 ○断面不足による河堤の埋没 ○流水不足による河堤の埋没	○	1	○	4
自然的	○融雪の増大に伴う、河堤断面の減少 ○なだれによる河堤の閉塞 ○気流の上昇 ○降雪、風 ○低気による管轄の凍結	×	1	○	35

(発生件数は重複有り、一部要因不明)



### 3. 3 最低水深

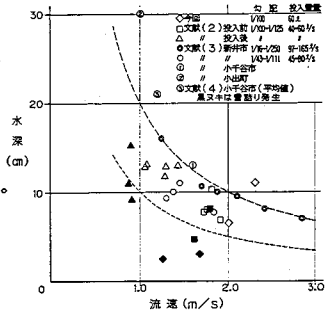
ある流量に対して水路幅を設定するためには、雪塊を流送するために必要な水深を知っておく必要がある。そこで、現地の流路工において雪塊流送実験を行い、その結果を文献<sup>2,3,4)</sup>の実験データ等とともに流速と水深の関係で整理した(図-4)。なお、図中の○印は、現用及び計画中の流雪溝の値である。このうち、新井市の値は流量から換算している。

図から、流速が遅いほど大きい水深が必要ということと、投入雪量が多い場合には、流速がより速いか水深がより大きいことが必要となることがわかる。

ところで、数多くの流雪実験結果を比較、検討した大熊は、ある水路幅に対して、流雪能力を維持するための最低流量があり、その量は“幅50cmの水路に対しては少なくとも50(ℓ/s)以上の流量が、70cmに対しては70(ℓ/s)以上の流量最低限必要”<sup>5)</sup>であると述べている。

さらに、大熊は現地観測結果から、壮年男子がスノーダンプによって連続的に扱い得る最大の重量と体積(1回20kg、80ℓ程度)から、“幅50cmのコンクリート水路では、流雪溝として機能させるためには、

少なくとも100(ℓ/s)以上の流量を流しておく必要がある”<sup>5)</sup>とし 図-4 流雪溝の流速と水深



ここで、 $Q = A \cdot V$  ( $Q$ : 流量、 $A$ : 流下断面積、 $V$ : 流速) であり、流下断面を矩形と考えると  $A = B \cdot H$  ( $B$ : 水路幅、 $H$ : 水深) である。

したがって、ある流量と水路幅に対する水深は、以下の関係で表される。

$$H = \frac{Q}{B} \cdot \left( \frac{1}{V} \right) \quad \dots \text{式(1)}$$

式(1)に大熊の述べた流量と水路幅の関係をを用いた点線と破線で図-4に示してある。点線は、雪塊を流すために最低限必要な流量であり、破線は、流雪溝として機能させるために必要な水深と流速の関係である。図から、実験結果等に比較的良く適合しており、水深の設定の目安になると考えられる。

### 3. 4 浸透能力

堆雪目的のために、水路を利用するためには、雪によって充てんされた場合にどの程度水が浸透するかを知る必要がある。

図-5には、低温室内で行った透水試験結果、幅50cmの模型水路で行った構内実験結果及び現地流路工(幅2.0m)で行った実験結果を透水係数の形で表し、雪の密度との関係で示した。

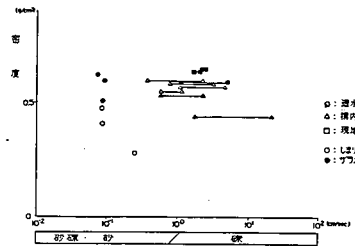


図-5 堆雪の浸透能力

図から、透水試験の結果よりも構内及び現地実験の値の方が大きいことがわかるが、これは水路との接触面に水みちが形成され易いためと考えられる。

現地実験の値から、浸透能力は $10^0 \sim 10^1$ (cm/s)程度と考えられ、図-1aで示した水路(勾配1/20)が雪で完全に充てんされた場合には、雪中を浸透できる流量は $0.002 \sim 0.02$ ( $m^3/s$ )程度になると思われる。これに対し1月の月低水流量<sup>1)</sup>は、流域面積から $0.01 \sim 0.06$ ( $m^3/s$ )程度と推定

され、雪中の浸透量ではこれに対しても不足することになる。

### 3. 5 側水路断面

通水断面を確保するには、仮設的な方法も含めて幾つかあるが、ここでは、流路断面の側方に通水断面を設ける方法について述べる（表-1 堆雪②）。この方法は、落差工間に側水路を設け、落差工下流のウォーター・クッションと組み合わせ、同時に流入口の空間を確保しようとするもので、主に小規模な流路工を対象に検討したものである（図-6）。

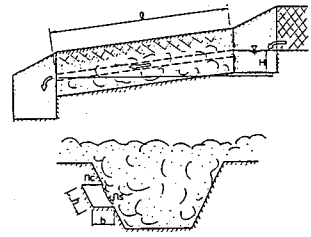


図-6 流路工（側水路）

新潟試験所構内に設置した実験水路において、有効的な側水路断面について検討した。実験から、設計上は管水路として取扱う必要があることがわかった。この場合の粗度係数には、水路面と雪面の粗度係数を合成して用いる必要がある。なお、実験結果では整形された雪面の粗度係数は0.04程度であった。

図-7に、勾配1/20の流路工に側水路を設置した場合の断面の大きさと流下能力との関係を示した。例えば、図-1aに示した流路工の場合は、対象とする流量を融雪出水の比流量から0.6 (m<sup>3</sup>/s) とすると、片側だけの側水路で対応するとしたら、幅30cm高さ60cm程度の断面が必要となる。

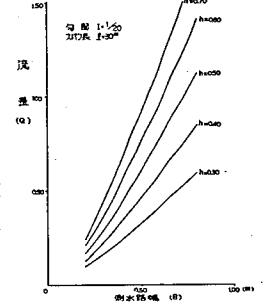


図-7 側水路断面

### 3. 6 冬期間の河川の水温

融雪能力は、主に流水の水温に左右される。1月、2月に新潟県内で調査した小河川（流域面積10km<sup>2</sup>未満）の水温と気温との関係を示した（図-8）。これから、天候等によっても値はかなりバラツキ、水温が0℃程度まで低下する場合もあることがわかる。しかしながら、多くの場合、2℃前後であることから雪処理にも利用可能と考えられる。

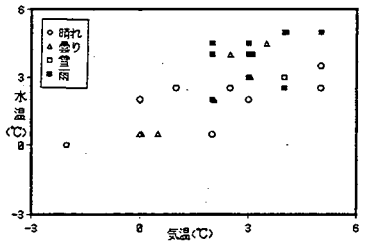


図-8 冬期の河川水温

### 4. 今後の課題

流路工の埋雪状況等について、さらに現地観測等を実施することにより砂防施設の克雪利用方法のための技術的指針をとりまとめる予定である。

### 参考文献

- 1) 寺田他：砂防設備の克雪利用に関する実態調査，1989，平成元年度砂防学会研究発表概要等
- 2) 田中他：流雪溝の流雪能力について，1969，国立防災科学技術センター 研究報告第3号
- 3) 建設省北陸地建：流雪溝設計運営要領，1983，（社）北陸地建弘済会
- 4) 首藤：市街地道路の除排雪，都市の豪雪による災害とその対策，1982，自然災害科学特別研究
- 5) 大熊他：流雪溝の流雪能力と塗装によるその改善，1985，土木学会論文集第359号