

河川水難事故の危険度軽減に関する研究

北海道開発局開発土木研究所 正会員 佐藤 耕治

北海道開発局開発土木研究所 正会員 馬場 仁志

1. はじめに

河川法の改正は従来の治水・利水に環境を加え、河川空間の積極的な利用と管理をより充実する姿勢を明確にした。豊かな自然環境としての河川空間の整備は、近自然的工法を普及させ、水辺の親水性も高まりつつある。

一方で河川における水難事故で犠牲になる人数は、洪水による犠牲者数を上回る河川も多く、河川管理者の責任を問う訴訟事件に発展しているケースもある。基本的には河川利用者の自己責任において、危険性の回避が行われなければならないことは明らかであるが、これまで水辺に近づくことが困難であった環境において、親水施設の整備による河川内への人の誘導が人為的に促進される場合には、利用者に対する安全性への配慮が河川管理者側にも求められている¹⁾。

本研究は河川が元来有している流水としての危険性、河川構造物の人間に対する危険性を分析し、そこから河川利用者のリスク軽減に資する知見を得ようとするものである。また、河川が有している事故発生時のフェイルセーフ機能（助かる可能性）を研究することにより、河川構造物の計画・設計に生かすことを目標にしている。

2. 研究方法

本研究は河川利用者に対する様々な危険性の分析と、安全性の向上に資する方策の提案およびその効果の検証を必要とする。このうち今回は初歩的な段階として、次の二つを実施した。

- ① 近年の道内河川における水難事故の事例を調査し、その傾向を分析した。
- ② 水辺の利用者が多い豊平川における模擬水難事故の実験により、利用者が水流に巻き込まれた際の危険性を定量的に計測した。

3. 近年の事故事例分析

事故事例分析では事故に遭遇した犠牲者が河道や水流の状態、周囲の救助者の有無によって助かった例もある。このうち、中州に取り残されたケースや河岸の樹木にしがみついて自力で脱出したケースもあり、河道の形状によって助かったものともいえる。これらのことは、河道の工夫や河川構造物における形状の配慮によっては、フェイルセーフ機能を生み出す可能性を示唆していると理解できる。

4. 人体模型による漂流実験

河川利用者が流水中に入った場合、流水のエネルギー、流れの形態などによって人体に加わる危険性は異なる。したがって、水深が浅い場所でも危険性の高い状態があるなど、単純な危険性の評価は難しい。

流水にのまれた様々な状況下における事故発生のケースを想定し、人体模型（関節構造や体重（70kg）、比重を人間に近づけて製作されたダミー人形に、防水加工を施したもの）を用いた漂流実験を行って、河道の条件と危険性の関係に関する計測を行った。

実験は、札幌市を還流する豊平川の異なる河道条件を有する複数の区間において、流量規模、浮力の違いによって実験ケースを設定し、人体模型を流水中に放してその動きを測定する方法で行った。

実験ケースは、異なる河道条件として、床止工、直線護岸、砂州河岸、合流点の4箇所選定した。

このうち、床止工（5号床止工）と合流点（豊平川と山鼻川）の結果について記述する。

4.1. 実験結果

床止工では、人体模型は河岸に近い個所から放すか、直上流側から放して、バックウォッシュに飲み込まれた。バックウォッシュに巻き込まれてから脱出するまでの時間は、床止工、流量および浮力体の違いによって、

キーワード：フェイルセーフ機能、バックウォッシュ

連絡先：〒062-8602 北海道札幌市豊平区平岸1条3丁目 Tel011-841-1111 Fax011-820-4246

図-1 のように計測された。

5 号床止工（中央に魚道確保による切り欠きが存在）では、バックウォッシュに巻き込まれている間は、床止工の堤体前面を落下するフェース部の流水に影響されて、人体模型が回転しながら床止工中央部の切り欠き部に移動していった。切り欠き部のシュートに引き込まれた際には、移動速度を増して下流に脱出した。ただし、浮力の高いケースでは、水平渦に影響されて、再びバックウォッシュに捕足され、堰堤近くのホールに戻るケースがあった。脱出に要した時間は、流量では多いほど長くなっているが、浮力体では明確な判断ができなかった。

合流点では、人体模型は合流点上流から放流し、合流点を過ぎて再び本流に流されるまでの移動状況を観測した。図-2 に人体模型移動速度および人体の方位角を示した。合流点上流までは、人体模型は体の向きを変えずに移動した。合流点に差し掛かると、反時計回りに回転しながら支流出口に形成されたエディーに引き込まれ、移動速度を落とした。支流の流心に乗ると、再び移動速度を回復して、豊平川本流に押し出された。人体模型は本流の流れの左岸よりに乗り、河岸に近い位置にあった。

4.2. 実験に関する考察

床止工では、ある時間内に脱出できたが、中央部のシュート部がなければ、床止工中心部まで移動した人体模型は、脱出不能となっていたと思われる。したがって、床止工の下流に発生する流れが、一様なバックウォッシュとならないような構造を有することは、万が一の脱出時間を短くする上で有効であると考えられる。

合流部では、本流と支流の流量規模の相対的な違いが、合流部のエディー形成および流況を決定付ける。支流に比べて本流の流量が大きい場合は、合流部支流側に大きなエディーが形成され、人体模型は引き込まれる。本流の流量が小さい場合は、エディーはほとんど形成されず、人体模型は止まることなく本流中央に押し出される。エディーの形成における違いを生む原因は、水位差であり、合流部の巻き込み部分の河道形状（十分に河道幅が広く、本流より河床が低いかな同等）が、エディーの形成を可能にしていると考えられる。

5. 研究の考察

河川の利用者にとっての安全性は、流水中に落ち入らないことだけではなく、万が一水に入っても、できるだけ安全性が保てることも重要である。最近では、流水を積極的に利用する形態も普及しつつあり、様々な事故・事態にも対応できるような、フェイルセーフ機能を高めるための対策が重要になってくる。

本研究で得られた、上記に応用できうる知見として、以下のようにまとめた。

- ①床止工のバックウォッシュを乱す。既存の直線天端には、切り欠きを 1 個所以上設けるなど、簡易な改良でも効果が生まれると思われる。
- ②合流点では、エディーを形成する構造的な工夫が有効であろう。水制工や置き石など、簡単な河岸構造でも、ある程度の効果が発揮されることが考えられる。

6. おわりに

自然公物としての川は、自然であるがゆえの必然として危険を内包している。しかし、河川管理者側に拡大する責任範囲について方策を検討する必要性が生じるのであり、その目標は利用者が自らの責任で安全性を確保する際の手助けをすることである。今回の実験を中心とした研究は、今後さらに具体的な構造的な研究へと展開することにより、こうした機能を具体的に河川整備の段階で応用していくためのステップとしたい。

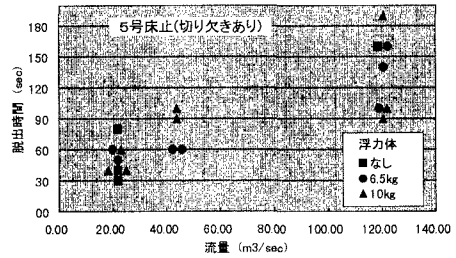


図-1 床止工バックウォッシュからの脱出時間

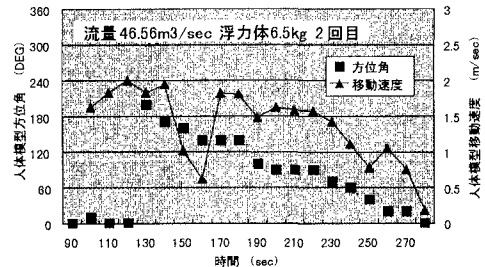


図-2 合流点での人体模型の動態例

¹⁾河川管理研究会(1996):親水施設における安全対策の基本的考え方について、建設省河川局、平成8年12月